

501P0635USCJ

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 6月20日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-189730

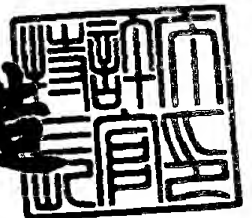
出 願 人
Applicant(s):

ソニー株式会社

2001年 3月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3014955

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000484205

【提出日】 平成12年 6月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 3/00
G11B 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 山田 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 河内山 彰

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 0 - 1 8 9 7 3 0

【包括委任状番号】 9707389

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子、光学素子の製造方法および光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

凸状の曲面が形成された凸レンズと、
前記凸レンズの前記凸状の曲面に密着する基材と
を有し、

前記基材は、互いに対向する第 1 および第 2 の面を有し、前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第 1 の面に形成されていると共に、前記凹状の曲面の奥側から前記第 2 の面に通じる孔が形成されており、

前記凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記基材の前記孔に露出している光学素子。

【請求項 2】

前記凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた又は実質的に囲まれた回転対称もしくは略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズの光軸またはその延長線は、前記孔を通り抜けている
請求項 1 記載の光学素子。

【請求項 3】

前記基材の前記第 2 の面は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項 2 記載の光学素子。

【請求項 4】

前記基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項 2 記載の光学素子。

【請求項 5】

前記基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する

請求項 2 記載の光学素子。

【請求項 6】

前記孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、
前記孔の回転対称軸と前記凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、
前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している
請求項 2 記載の光学素子。

【請求項 7】

前記凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である
請求項 1 記載の光学素子。

【請求項 8】

第 1 および第 2 の光学素子を有する光学系であって、
前記第 1 の光学素子は、
凸状の曲面が形成された第 1 の凸レンズと、
前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第 1 の基材と
を有し、
前記第 1 の基材は、互いに対向する第 1 および第 2 の面を有し、前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第 1 の面に形成されていると共に、当該凹状の曲面の奥側から前記第 2 の面に通じる第 1 の孔が形成されており、
前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面の一部は、前記第 1 の基材の前記第 1 の孔に露出しており、
前記第 2 の光学素子は、
凸状の曲面が形成された第 2 の凸レンズと、
前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第 2 の基材と
を有し、
前記第 2 の基材は、互いに対向する第 3 および第 4 の面を有し、前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第 3 の面に形成されており、

前記第 1 および第 2 の凸レンズの光軸が一致または略一致するように、前記第 1 および第 2 の光学素子が接合されている
光学系。

【請求項 9】

前記第 1 の基材の前記第 1 の面と、前記第 2 の基材の前記第 4 の面とが接合されている

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 1 0】

前記第 1 の基材の前記第 2 の面と、前記第 2 の基材の前記第 3 の面とが接合されている

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 1 1】

前記第 1 の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第 1 の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第 1 の孔を通り抜けている

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 1 2】

前記第 1 の基材の前記第 2 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第 1 の基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項 1 1 記載の光学系。

【請求項 1 3】

前記第 1 の基材の前記第 2 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第 1 の基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する

請求項 1 1 記載の光学系。

【請求項 1 4】

前記第 1 の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第 1 の孔の回転対称軸と前記第 1 の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、

前記第 1 の基材の凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している

請求項 1 1 記載の光学系。

【請求項 1 5】

前記第 2 の基材は、前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する前記凹状の曲面の奥側から前記第 4 の面に通じる第 2 の孔が形成されており、

前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記第 2 の基材の前記第 2 の孔に露出している

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 1 6】

前記第 2 の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第 2 の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第 2 の孔を通り抜けている

請求項 1 5 記載の光学系。

【請求項 1 7】

前記第 2 の基材の前記第 4 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第 2 の基材の前記第 3 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項 1 6 記載の光学系。

【請求項 1 8】

前記第 2 の基材の前記第 4 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第 2 の基材の前記第 3 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略

平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する

請求項 1 6 記載の光学系。

【請求項 1 9】

前記第 2 の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第 2 の孔の回転対称軸と前記第 2 の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、

前記第 2 の基材の前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している

請求項 1 6 記載の光学系。

【請求項 2 0】

前記第 1 および／または第 2 の凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、もしくは、窒化ケイ素である

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 2 1】

前記第 1 の凸レンズは、前記第 2 の凸レンズよりも大きく、

前記第 1 の基材の前記第 1 の面と、前記第 2 の基材の前記第 4 の面とが接合されており、

前記第 1 および第 2 の光学素子により、ソリッドイマージョンレンズが構成されている

請求項 8 記載の光学系。

【請求項 2 2】

スイングアームに取り付けられる光ヘッドのスライダである

請求項 2 1 記載の光学系。

【請求項 2 3】

前記第 2 の基材の材料は、酸化ケイ素または酸化アルミニウムである

請求項 2 2 記載の光学系。

【請求項 2 4】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製

造する製造方法であって、

空洞に対して突出した凸部が形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が形成された前記基材をモールド成形により生成する工程と、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部に、光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項 2 5】

平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する

請求項 2 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 2 6】

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と

を有する

請求項 2 5 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 2 7】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 2 6 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 2 8】

前記光学材料を充填する工程は、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形

成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程と
を有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と

前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程と
を有する

請求項 2 5 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 2 9】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 2 8 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 0】

前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項 2 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 1】

前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項 3 0 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 2】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項 2 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 3】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、

基材の平坦面に、第 1 の窓を有する第 1 のレジスト膜を形成する工程と、
前記第 1 の窓に対応する凹部をエッチングにより前記基材に形成する工程と、
前記凹部が形成された前記基材から前記第 1 のレジスト膜を除去する工程と、
前記第 1 のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項 3 4】

平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する

請求項 3 3 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 5】

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第 2 の窓を有する第 2 のレジスト膜を形成する工程と、

前記第 2 の窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記第 2 のレジスト膜を除去する工程と

を有する

請求項 3 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 6】

前記第 2 の窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 3 5 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 7】

前記光学材料を充填する工程は、

前記第 1 のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第 2 の窓を有する第 2 のレジスト膜を形成する工程と、

前記第 2 の窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記第 2 のレジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程と

を有する

請求項 3 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 8】

前記第 2 の窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 3 7 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 3 9】

前記第 1 の窓は、円形または略円形であり、

前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズを形成する工程では、前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項 3 3 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 0】

前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凹部の表面の形状は

、円弧または略円弧である

請求項 3 9 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 1】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項 3 3 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 2】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、

凸部を備え、前記凸部の周囲が平坦である第 2 の基材に対し、前記凸部を埋没させる層からなる第 1 の基材を形成する工程と、

前記第 1 の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第 3 の基材に接合する工程と、

前記第 3 の基材に接合された前記第 1 の基材から、前記第 2 の基材を除去し、前記第 1 の基材のうち前記凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、

露出した前記第 1 の基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項 4 3】

平坦化された前記光学材料の表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記第 3 の基材を研磨する工程をさらに有する

請求項 4 2 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 4】

前記孔を、前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程は、

前記第 3 の基材を研磨する工程で形成された前記第 3 の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記第 1 および第 3 の基材から前記レジスト膜を除去する工程と

を有する

請求項 4 3 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 5】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 4 4 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 6】

前記光学材料を充填する工程は、

露出した前記第 1 の基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に光学材料を充填する工程と

を有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記第 3 の基材を研磨する工程で形成された前記第 3 の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記第 1 および第 3 の基材から前記レジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程と

を有する

請求項 4 3 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 7】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項 4 6 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 8】

前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項 4 2 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4 9】

前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項 4 8 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 5 0】

前記第 1 および第 3 の基材は、同一の材料からなる

請求項 4 2 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 5 1】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項 4 2 記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学素子およびその製造方法と、前記光学素子を有する光学系とに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

レンズを製造する場合、以下の第 1 ～第 3 の製造方法が知られている。

第 1 の製造方法は、所望のレンズ形状に加工された金型に光学材料を充填し、モールド成形によりレンズを製造する方法である。

第 2 の製造方法は、反応性イオンエッチング（R I E : Reactive Ion Etching

）等のエッチングを利用し、フォトレジスト等をマスク（エッチングマスク）として用い、光学材料を所定形状にエッチングして当該光学材料からなるレンズを製造する方法である。

第 3 の製造方法は、光学材料からなる基材をレンズ形状に機械研磨することによりレンズを製造する方法である。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の上記第 1 の製造方法、すなわち、モールド成形を用いる方法では、開口数が多い小型のレンズを製造することが難しく、レンズ直径を 1 mm 以下にすることが困難である。

従来の上記第 2 の製造方法、すなわち、R I E 等のエッチング技術を用いる方法では、光学材料が制限されるため、高屈折率の材料を用いることが困難であり、開口数 N A が大きいレンズを実現することが困難である。

従来の上記第 3 の製造方法では、小型のレンズを製造することが困難である。

【 0 0 0 4 】

レンズの開口数を大きくすると、レンズを通過して生成される光スポットの大きさを小さくすることが可能である。光ディスクの大容量化の観点から、光ヘッドのレンズ（対物レンズ）の開口数 N A を大きくすることが望まれる。

また、レンズ等の光学素子は種々の光学装置に使用されており、光学装置の小型化の観点から、光学素子の小型化が望まれる。

【 0 0 0 5 】

開口数が多い光学素子を実現するには、光学材料の屈折率が多いことが有効である。

可視光の領域において高屈折率の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム（ガリウムリン）、窒化ガリウム、窒化ケイ素（窒化シリコン）等がある。

しかし、これらの材料を、従来技術では開口数が多い小型のレンズに加工することは困難である。

【 0 0 0 6 】

また、従来のレンズは、不定形をしているものが多い。このような不定形の複数のレンズをアライメントするには、3次元方向の高精度の位置合わせが必要であり、アライメントの作業の負担が大きい。

また、光ヘッドがスイングアームに搭載されたフライングヘッド（浮上ヘッド）を構成する場合、スライダとレンズとを別個に作成して高精度に貼り合わせるにより光ヘッドを作成可能であるが、このようにすると、貼合わせ作業の負担ひいては光ヘッドの製造の負担が大きい。

【 0 0 0 7 】

本発明の第1の目的は、小型の凸レンズを有する光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することであり、第2の目的は、小型で開口数が多い凸レンズを有する光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することであり、前記製造方法から生成可能な光学素子を提供することを第3の目的とし、当該光学素子を有する光学系を提供することを第4の目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光学素子は、凸状の曲面が形成された凸レンズと、前記凸レンズの前記凸状の曲面に密着する基材とを有し、前記基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第1の面に形成されていると共に、前記凹状の曲面の奥側から前記第2の面に通じる孔が形成されており、前記凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記基材の前記孔に露出している。

【 0 0 0 9 】

本発明に係る光学素子では、好適には、前記凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた又は実質的に囲まれた回転対称もしくは略回転対称な形状を有し、前記凸レンズの光軸またはその延長線は、前記孔を通り抜けている。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第2の面は、平坦

または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【 0 0 1 1 】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【 0 0 1 2 】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記孔の回転対称軸と前記凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【 0 0 1 4 】

本発明に係る光学素子では、例えば、前記凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る光学系は、第 1 および第 2 の光学素子を有する光学系であって、前記第 1 の光学素子は、凸状の曲面が形成された第 1 の凸レンズと、前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第 1 の基材とを有し、前記第 1 の基材は、互いに対向する第 1 および第 2 の面を有し、前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第 1 の面に形成されていると共に、当該凹状の曲面の奥側から前記第 2 の面に通じる第 1 の孔が形成されており、前記第 1 の凸レンズの前記凸状の曲面の一部は、前記第 1 の基材の前記第 1 の孔に露出しており、前記第 2 の光学素子は、凸状の曲面が形成された第 2 の凸レンズと、前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第 2 の基材とを有し、前記第 2 の基材は、互いに対向する第 3 および第 4 の面を有し、前記第 2 の凸レンズの前記凸

状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第 3 の面に形成されており、前記第 1 および第 2 の凸レンズの光軸が一致または略一致するように、前記第 1 および第 2 の光学素子が接合されている。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る光学系では、例えば、前記第 1 の基材の前記第 1 の面と、前記第 2 の基材の前記第 4 の面とが接合されている構成としてもよい。

本発明に係る光学系では、例えば、前記第 1 の基材の前記第 2 の面と、前記第 2 の基材の前記第 3 の面とが接合されている構成としてもよい。

【 0 0 1 7 】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第 1 の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第 1 の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第 1 の孔を通り抜けている。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 1 の基材の前記第 2 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第 1 の基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【 0 0 1 9 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 1 の基材の前記第 2 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第 1 の基材の前記第 1 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 1 の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 1 の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第 1 の孔の回転対称軸と前記第 1 の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記第 1 の基材の凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【 0 0 2 1 】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第 2 の基材は、前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する前記凹状の曲面の奥側から前記第 4 の面に通じる第 2 の孔が形成されており、前記第 2 の凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記第 2 の基材の前記第 2 の孔に露出している。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 2 の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第 2 の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第 2 の孔を通り抜けている。

【 0 0 2 3 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 2 の基材の前記第 4 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第 2 の基材の前記第 3 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【 0 0 2 4 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 2 の基材の前記第 4 の面は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第 2 の基材の前記第 3 の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第 2 の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第 2 の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第 2 の孔の回転対称軸と前記第 2 の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記第 2 の基材の前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る光学系では、例えば、前記第 1 および／または第 2 の凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウ

ム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、もしくは、窒化ケイ素としてもよい。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第 1 の凸レンズは、前記第 2 の凸レンズよりも大きく、前記第 1 の基材の前記第 1 の面と、前記第 2 の基材の前記第 4 の面とが接合されており、前記第 1 および第 2 の光学素子により、ソリッドイメージングレンズが構成されている。

本発明に係る光学系は、例えば、スイングアームに取り付けられる光ヘッドのスライダに用いてもよく、この場合の前記第 2 の基材の材料は、酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素とすることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、空洞に対して突出した凸部が形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が形成された前記基材をモールド成形により生成する工程と、前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部に、光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程とを有する。

【 0 0 2 9 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する。

【 0 0 3 0 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 3 1 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 3 2 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、好適には、前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【 0 0 3 3 】

本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【 0 0 3 4 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、基材の平

坦面に、第 1 の窓を有する第 1 のレジスト膜を形成する工程と、前記第 1 の窓に対応する凹部をエッチングにより前記基材に形成する工程と、前記凹部が形成された前記基材から前記第 1 のレジスト膜を除去する工程と、前記第 1 のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程とを有する。

【 0 0 3 5 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する。

【 0 0 3 6 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第 2 の窓を有する第 2 のレジスト膜を形成する工程と、前記第 2 の窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記第 2 のレジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法は、例えば、前記第 2 の窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 3 7 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、前記第 1 のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第 2 の窓を有する第 2 のレジスト膜を形成する工程と、前記第 2 の窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記第 2 のレジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、例えば、前記第 2 の窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 3 8 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、好適には、前記第 1 の窓は、円形または略円形であり、前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【 0 0 3 9 】

本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【 0 0 4 0 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、凸部を備え、前記凸部の周囲が平坦である第 2 の基材に対し、前記凸部を埋没させる層からなる第 1 の基材を形成する工程と、前記第 1 の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第 3 の基材に接合する工程と、前記第 3 の基材に接合された前記第 1 の基材から、前記第 2 の基材を除去し、前記第 1 の基材のうち前記凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、露出した前記第 1 の基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程とを有する。

【 0 0 4 1 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学

材料の表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記第 3 の基材を研磨する工程をさらに有する。

【 0 0 4 2 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程は、前記第 3 の基材を研磨する工程で形成された前記第 3 の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記第 1 および第 3 の基材から前記レジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 4 3 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、露出した前記第 1 の基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記第 3 の基材を研磨する工程で形成された前記第 3 の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記第 1 および第 3 の基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記第 1 および第 3 の基材から前記レジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【 0 0 4 4 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、好適には、前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凸部をその

対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【 0 0 4 5 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、好適には、前記第 1 および第 3 の基材は、同一の材料からなる。

【 0 0 4 6 】

本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【 0 0 4 7 】

上記した本発明に係る第 1 の光学素子の製造方法において、金型は、空洞に対して突出した凸部を有する。この金型により、基材をモールド成形することで、凸部の形状を写した凹部を基材に形成することができる。

金型の凸部を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にすることができ、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が高い材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【 0 0 4 8 】

上記した本発明に係る第 2 の光学素子の製造方法において、窓を有するレジスト膜を基材の平坦面に形成することで、窓に対応する凹部をエッチングにより形成することができる。

窓を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にすることができ、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が高い材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【 0 0 4 9 】

上記した本発明に係る第 3 の光学素子の製造方法において、第 2 の基材は、凸部を備え、当該凸部の周囲が平坦である。

この第 2 の基材に対し、凸部を埋没させる層からなる第 1 の基材を形成することで、凸部の形状を写した凹部を第 1 の基材に形成することができる。

第 1 の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第 3 の基材に接合し、第 3 の基材に接合された第 1 の基材から、第 2 の基材を除去することで、第 1 の基材のうち凸部の形状を写した凹部を露出させることができる。

凸部を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にすることができ、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を第 1 および第 3 の基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が高い材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【 0 0 5 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。

【 0 0 5 1 】

光学素子

図 1 は、本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光学素子 1 0 0 は、直方体または略直方体に対して孔 1 0 3 を設けた形状を有する。光学素子 1 0 0 は、基材（基体） 1 0 1 と凸レンズ 1 0 2 とを有する。

【 0 0 5 2 】

光学素子 1 0 0 は、基材 1 0 1 の上面 1 0 0 U から孔 1 0 3 を通して凸レンズ 1 0 2 に光を入射させた場合に、凸レンズ 1 0 2 の平坦面から出射する光を、凸レンズ 1 0 2 により収束（集束）または発散させることができ、または平行光にすることができる。基材 1 0 1 では、第 1 の面である下面 1 0 0 B と、第 2 の面である上面 1 0 0 U とが対向している。

【 0 0 5 3 】

基材 1 0 1 は、凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面 1 0 2 C に密着する凹状の曲面 1 0 1 C が下面 1 0 0 B に形成されていると共に、凹状の曲面 1 0 1 C の奥側から上面 1 0 0 U に通じる孔 1 0 3 が形成されている。

そして、凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面の一部（具体的には中央部）が、前記基材 1 0 1 の孔 1 0 3 に露出している。凹状の曲面 1 0 1 C は、環状の傾斜面を形成している。

【 0 0 5 4 】

凸レンズ 1 0 2 は、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面 1 0 2 C とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ 1 0 2 の光軸またはその延長線は孔 1 0 3 を通り抜けている。凸レンズ 1 0 2 を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面 1 0 2 C の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔 1 0 3 は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔 1 0 3 の対称軸と凸レンズ 1 0 2 の光軸とが一致もしくは略一致している。

【 0 0 5 5 】

凸レンズ 1 0 2 の平坦面は、光学素子 1 0 0 の上面 1 0 0 U （または基材 1 0 1 の上面）と平行または略平行になっている。また、基材 1 0 1 の下面 1 0 0 B のうち凹状の曲面 1 0 1 C の周囲の平坦部（または平坦面）と、凸レンズ 1 0 2

の平坦面は、平行もしくは略平行であり、図 1 では同一平面上に位置している。

【 0 0 5 6 】

基材 1 0 1 の材料を例えば石英とし、凸レンズ 1 0 2 の材料を例えば窒化ケイ素（窒化シリコン）としてもよい。また、基材 1 0 1 の材料を例えば窒化ケイ素とし、凸レンズ 1 0 2 の材料を例えば石英としてもよい。

凸レンズ 1 0 2 の材料を屈折率の大きい光学材料にすることで、凸レンズ 1 0 2 の開口数を大きくすることができる。

また、光学素子 1 0 0 では、孔 1 0 3 を設けたので、凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面 1 0 2 C の一部と空気とが接しており、曲面 1 0 2 C での屈折率の差を大きくすることができる。このため、孔 1 0 3 を設けていない場合、すなわち凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面 1 0 2 C の全域が光学材料の基材で覆われている場合に比べ、凸レンズ 1 0 2 の開口数を大きくできると共に、収差を小さくすることができる。

【 0 0 5 7 】

光学素子の製造方法の第 1 の実施の形態

図 2 ～図 4 は、光学素子の製造方法の第 1 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

【 0 0 5 8 】

図 2 (A) は、金型 3 を示している。この金型 3 には、液状または流動体状の材料 6 L が通過する通路 4 と、空洞（キャビティ） 3 C とが形成されている。また、金型 3 の底部には、空洞 3 C に対して突起した凸部 5 が形成されており、凸部 5 の周囲は平坦になっている。

凸部 5 は、図 1 の光学素子 1 0 0 の凸レンズ 1 0 2 の形状と同一であり、回転対称または略回転対称な形状を有する。

【 0 0 5 9 】

図 2 (B) では、金型 3 の通路 4 から材料 6 L を空洞 3 C に注入し、材料 6 L を空洞 3 C に充填する。注入する材料 6 L は、例えば熔融石英、ガラス、プラスチック、合成樹脂等とし、以下では材料 6 L が光学材料である場合を例示して説

明する。

【 0 0 6 0 】

図 2 (C) では、液状の光学材料 6 L を固体状の光学材料 6 M に硬化させ、光学材料 6 M からなる基材 6 を金型 3 から取り出す。金型 3 から取り出された基材 6 の底部には、凸部 5 の形状が転写されて凹部 6 B が形成されている。基材 6 の凹部 6 B の周囲は、平坦になっている。

【 0 0 6 1 】

図 3 (D) では、基材 6 の底部の凹部 6 B に、光学材料 7 M を充填する。光学材料 7 M は、光学材料 6 M とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 6 M よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、基材 6 の底部に、スパッタリング、蒸着またはイオンブレーティングにより光学材料 7 M の層 7 を形成することで、基材 6 の凹部 6 B に光学材料 7 M を充填する。この場合、凹部 6 B に対応する凹部 7 B が、層 7 に形成される。

【 0 0 6 2 】

図 3 (E) では、層 7 の底面を平坦化する。例えば、層 7 の底面の凹部 7 B が無くなるように研磨する。好ましくは、基材 6 の凹部 6 B の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 7 の底面を研磨する。または、基材 6 の凹部 6 B の周囲の平坦部（または平坦面）と層 7 の底面とが平行もしくは略平行になるように層 7 を研磨する。なお、基材 6 の凹部 6 B の周囲の平坦部が露出するように層 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 6 の凹部 6 B （の表面）に密着している。

【 0 0 6 3 】

図 4 (F) では、基材 6 の上面を、平坦化された層 7 の平坦面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材 6 を所望の厚さにすることができる。

【 0 0 6 4 】

図 4 (G) では、基材 6 の上面である平坦面に、窓 5 0 H を有するレジスト膜 5 0 を形成する。窓 5 0 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 5

0 Hの下側に、基材6の凹部6 Bが位置している。図示のように、窓5 0 Hは、レジスト膜5 0の孔および／または開口部を構成している。

【0 0 6 5】

図4（H）では、窓5 0 Hから凸レンズの凸状の曲面7 Cに到る孔5 1をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面7 Cの一部（好適には、曲面7 Cの中央部）を孔5 1に露出させる。孔5 1により、基材6の凹部6 Bの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面7 Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）6 Cとなっている。

例えば、孔5 1は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE装置）内で、基材6の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【0 0 6 6】

図4（I）では、孔5 1が形成された基材6からレジスト膜5 0を除去する。このようにして、図1の光学素子1 0 0と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図4（H）の基材6、孔5 1、凸状の曲線7 C、凹状の曲線6 C、上面6 Uと、図1の光学素子1 0 0の基材1 0 1、孔1 0 3、凸状の曲線1 0 2 C、凹状の曲線1 0 1 C、上面1 0 0 Uとが、各々対応している。

【0 0 6 7】

図2（A），（B）の金型3の底部は、空洞3 Cに対して突起した凸部5を有するので、空洞3 Cに対して窪んだ形状の凹部を形成してモールド成形により凸レンズを作成する場合に比べ、加工精度を向上することができる。このように、金型3を使用することで、モールド成形の凸レンズよりも加工精度の高い小型の凸レンズを作成可能である。

【0 0 6 8】

なお、図2（A），（B）に示す金型に代えて、上金型と下金型を用いてモールド成形を行ってもよい。下金型の底部には、凸部が形成されており、この凸部の周囲は平坦になっている。この下金型の底部の凸部は、金型3の凸部5と同一である。

まず、下金型および上金型の間の空洞に、基材 6 の材料（例えばガラス材料）を注入し、ガラス材料、下金型および上金型を所定の温度に同時に加熱することで、ガラス材料を軟化させる。そして、軟化したガラス材料を上金型でプレスする。

次に、ガラス材料、下金型および上金型を冷却してガラス材料を硬化させて基材 6 を金型から取り出す。この金型から取り出された基材 6 の底部には、下金型の底部の凸部の形状が転写されて凹部 6 B が形成されている。

このようにして、図 2（C）に示す基材 6 を得ることも可能である。

【 0 0 6 9 】

光学素子の製造方法の第 2 の実施の形態

図 5 ～図 7 は、光学素子の製造方法の第 2 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【 0 0 7 0 】

図 5（A）では、基材の一例であるシリコン基板 8 の平坦面に、レジスト 9 を形成する。レジスト 9 の底面の大きさは、図 1 中の凸レンズ 1 0 2 の底面の大きさと同一または略同一とする。

【 0 0 7 1 】

図 5（B）では、レジスト 9 をマスクとし、エッチングによりシリコン基板 8 の表面に凸部 8 U を形成する。凸部 8 U の形状は、凸レンズ 1 0 2 の形状と同一であり、回転対称または略回転対称な形状である。エッチングとしては、例えば、イオンミリング法、R I E 法などを用いる。

【 0 0 7 2 】

図 5（C）では、凸部 8 U が形成されたシリコン基板 8 の表面に、凸部 8 U が埋没するように材料 1 0 M を積層させ、材料 1 0 M の層 1 0 からなる基材を形成する。層 1 0 は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などにより、形成してもよい。以下、材料 1 0 M が光学材料である場合を例示して説明する。

シリコン基板 8 上に層 1 0 が形成されると、凸部 8 U に対応する凸部 1 0 U が

、層 1 0 の上面に形成される。

【 0 0 7 3 】

図 5 (D) では、層 1 0 の上面を平坦化する。例えば、層 1 0 の上面の凸部 1 0 U が無くなるように研磨する。好ましくは、シリコン基板 8 の凸部 8 U の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 1 0 の上面を研磨する。または、シリコン基板 8 の凸部 8 U の周囲の平坦部（または平坦面）と層 1 0 の上面とが平行もしくは略平行になるように層 1 0 を研磨する。

【 0 0 7 4 】

図 5 (E) では、層 1 0 の平坦化された上面 1 0 S に、材料 1 1 M からなる基材 1 1 の平坦面を接合する。接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。材料 1 1 M は、好ましくは、材料 1 0 M と同じ材料とする。以下、材料 1 1 M が光学材料である場合を例示して説明する。

【 0 0 7 5 】

図 6 (F) では、図 5 (E) の層 1 0 の下面に接合されていたシリコン基板 8 を除去し、層 1 0 の下面を露出させる。シリコン基板 8 は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。

層 1 0 の下面には、シリコン基板 8 の凸部 8 U の形状が転写されており、凸部 8 U に対応する凹部 1 0 B が形成されている。

【 0 0 7 6 】

図 6 (G) では、層 1 0 の下面の凹部 1 0 B に光学材料 7 M を充填する。光学材料 7 M は、光学材料 1 0 M とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 1 0 M よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、層 1 0 の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 7 M の層 7 を形成することで、層 1 0 の凹部 1 0 B に光学材料 7 M を充填する。この場合、凹部 1 0 B に対応する凹部 7 B が、層 7 に形成される。

【 0 0 7 7 】

図 6 (H) では、層 7 の下面を平坦化する。例えば、層 7 の底面の凹部 7 B が

無くなるように研磨する。好ましくは、層 1 0 の凹部 1 0 B の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 7 の底面を研磨する。または、層 1 0 の凹部 1 0 B の周囲の平坦部（または平坦面）と層 7 の底面とが平行もしくは略平行になるように層 7 を研磨する。なお、基材 1 0 の凹部 1 0 B の周囲の平坦部が露出するように層 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 1 0 の凹部 1 0 B （の表面）に密着している。

【 0 0 7 8 】

図 7（I）では、基材 1 1 の上面を、層 7 の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材 1 1 を所望の厚さにすることができる。

【 0 0 7 9 】

図 7（J）では、基材 1 1 の上面である平坦面に、窓 5 2 H を有するレジスト膜 5 2 を形成する。窓 5 2 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 5 2 H の下側に、基材 1 0 の凹部 1 0 B が位置している。図示のように、窓 5 2 H は、レジスト膜 5 2 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 0 8 0 】

図 7（K）では、窓 5 2 H から凸レンズの凸状の曲面 7 C に到る孔 5 3 をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面 7 C の一部（好適には、曲面 7 C の中央部）を孔 5 3 に露出させる。孔 5 3 により、基材 1 0 の凹部 1 0 B の表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面 7 C に密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）1 0 C となっている。

例えば、孔 5 3 は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE 装置）内で、基材 1 0、1 1 の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【 0 0 8 1 】

図 7（L）では、孔 5 3 が形成された基材 1 1 からレジスト膜 5 2 を除去する。このようにして、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図 7 (L) の基材 1 0、1 1、孔 5 3、凸状の曲線 7 C、凹状の曲線 1 0 C、上面 1 1 U と、図 1 の光学素子 1 0 0 の基材 1 0 1、孔 1 0 3、凸状の曲線 1 0 2 C、凹状の曲線 1 0 1 C、上面 1 0 0 U とが、各々対応している。

【 0 0 8 2 】

光学素子の製造方法の第 3 の実施の形態

図 8 ～図 1 0 は、光学素子の製造方法の第 3 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【 0 0 8 3 】

図 8 (A) では、基材の一例であるシリコン基板 1 8 の平坦面にレジスト 1 9 を形成する。レジスト 1 9 の底面の大きさは、図 1 中の凸レンズ 1 0 2 の底面の大きさと同一または略同一とする。

【 0 0 8 4 】

図 8 (B) では、レジスト 1 9 が形成されたシリコン基板 1 8 の表面に、レジスト 1 9 が埋没するように材料 2 0 M を積層させ、材料 2 0 M の層 2 0 からなる基材を形成する。材料 2 0 M の層 2 0 は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などを用いて形成してもよい。材料 2 0 M は、例えば、酸化アルミニウムとしてもよい。以下、材料 2 0 M が光学材料である場合を例示して説明する。

シリコン基板 1 8 上に層 2 0 が形成されると、レジスト 1 9 に応じた凸部 2 0 U が、層 2 0 の表面に形成される。

【 0 0 8 5 】

図 8 (C) では、層 2 0 の上面を平坦化する。例えば、層 2 0 の上面の凸部 2 0 U が無くなるように研磨する。好ましくは、シリコン基板 1 8 上のレジスト 1 9 の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 2 0 の上面を研磨する。または、シリコン基板 1 8 上のレジスト 1 9 の周囲の平坦部（または平坦面）と層 2 0 の上面とが平行もしくは略平行になるように層 2 0 を研磨する。

【 0 0 8 6 】

図 8 (D) では、層 2 0 の上面 2 0 S に、材料 2 1 M からなる基材 2 1 の平坦

面を接合する。接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。材料 2 1 M は、好ましくは、材料 2 0 M と同一の材料とする。以下、材料 2 1 M が光学材料である場合を例示して説明する。

【 0 0 8 7 】

図 9 (E) では、図 8 (D) の層 2 0 の下面に接合されていたシリコン基板 1 8 およびレジスト 1 9 を除去し、層 2 0 の下面を露出させる。シリコン基板 1 8 は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。レジスト 1 9 は、例えばレジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解させて除去してもよい。

層 2 0 の下面には、レジスト 1 9 の形状が転写されており、レジスト 1 9 の形状に対応する凹部 2 0 B が形成されている。

【 0 0 8 8 】

図 9 (F) では、層 2 0 の下面の凹部 2 0 B に光学材料 7 M を充填する。光学材料 7 M は、光学材料 2 0 M とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 2 0 M よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、層 2 0 の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 7 M の層 7 を形成することで、層 2 0 の凹部 2 0 B に光学材料 7 M を充填する。この場合、凹部 2 0 B に対応する凹部 7 B が、層 7 に形成される。

【 0 0 8 9 】

図 9 (G) では、層 7 の下面を平坦化する。例えば、層 7 の底面の凹部 7 B が無くなるように研磨する。好ましくは、層 2 0 の凹部 2 0 B の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 7 の底面を研磨する。または、層 2 0 の凹部 2 0 B の周囲の平坦部（または平坦面）と層 7 の底面とが平行もしくは略平行になるように層 7 を研磨する。なお、基材 2 0 の凹部 2 0 B の周囲の平坦部が露出するように層 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 2 0 の凹部 2 0 B （の表面）に密着している。

【 0 0 9 0 】

図 1 0 (H) では、基材 2 1 の上面を、層 7 の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材 2 1 を所望の厚さにすることができる。

【 0 0 9 1 】

図 1 0 (I) では、基材 2 1 の上面である平坦面に、窓 5 4 H を有するレジスト膜 5 4 を形成する。窓 5 4 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 5 4 H の下側に、基材 2 0 の凹部 2 0 B が位置している。図示のように、窓 5 4 H は、レジスト膜 5 4 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 0 9 2 】

図 1 0 (J) では、窓 5 4 H から凸レンズの凸状の曲面 7 C に到る孔 5 5 をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面 7 C の一部（好適には、曲面 7 C の中央部）を孔 5 5 に露出させる。孔 5 5 により、基材 2 0 の凹部 2 0 B の表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面 7 C に密着する凹状の曲面（具体的には環状の斜面）2 0 C となっている。

例えば、孔 5 5 は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（R I E 装置）内で、基材 2 0、2 1 の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【 0 0 9 3 】

図 1 0 (K) では、孔 5 5 が形成された基材 2 1 からレジスト膜 5 4 を除去する。このようにして、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図 1 0 (K) の基材 2 0、2 1、孔 5 5、凸状の曲線 7 C、凹状の曲線 2 0 C、上面 2 1 U と、図 1 の光学素子 1 0 0 の基材 1 0 1、孔 1 0 3、凸状の曲線 1 0 2 C、凹状の曲線 1 0 1 C、上面 1 0 0 U とが、各々対応している。

【 0 0 9 4 】

光学素子の製造方法の第 4 の実施の形態

図 1 1 ～図 1 3 は、光学素子の製造方法の第 4 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構成または略同

一構成の光学素子を得ることが可能である。

【 0 0 9 5 】

図 1 1 (A) では、材料 3 1 M からなる基材 3 1 の平坦面に、レジスト膜 2 9 を形成する。材料 3 1 M は、例えば石英とし、以下では、材料 3 1 M が光学材料である場合を例示して説明する。

基材 3 1 上のレジスト膜 2 9 には、円形または略円形の窓 2 9 H が形成されている。図示のように、窓 2 9 H はレジスト膜 2 9 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 0 9 6 】

図 1 1 (B) では、レジスト膜 2 9 が形成された基材 3 1 をエッチング液 3 2 に所定時間浸す。エッチング液 3 2 は、例えば石英を腐食するフッ酸液等により構成する。

基材 3 1 をエッチング液 3 2 に所定時間浸すことで、レジスト膜 2 9 の窓 2 9 H から基材 3 1 が徐々に腐食され、窓 2 9 H の下側には凹部 3 1 U が形成される。この凹部 3 1 U の大きさは、図 1 中の凸レンズ 1 0 2 の大きさと同一または略同一とする。

【 0 0 9 7 】

図 1 2 (C) では、基材 3 1 をエッチング液 3 2 から取り出し、レジスト膜 2 9 を除去する。レジスト膜 2 9 は、レジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解して除去してもよい。

【 0 0 9 8 】

図 1 2 (D) では、基材 3 1 の上面の凹部 3 1 U に光学材料 2 7 M を充填する。光学材料 2 7 M は、光学材料 3 1 M とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 3 1 M よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、基材 3 1 の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 2 7 M の層 2 7 を形成することで、基材 3 1 の凹部 3 1 U に光学材料 2 7 M を充填する。この場合、凹部 3 1 U に対応する凹部 2 7 U が、層 2 7 に形成される。

【 0 0 9 9 】

図 1 2 (E) では、層 2 7 の上面を平坦化する。例えば、層 2 7 の上面の凹部 2 7 U が無くなるように研磨する。好ましくは、基材 3 1 の凹部 3 1 U の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 2 7 の上面を研磨する。または、基材 3 1 の凹部 3 1 U の周囲の平坦部（または平坦面）と層 2 7 の上面とが平行もしくは略平行になるように層 2 7 を研磨する。なお、基材 3 1 の凹部 3 1 U の周辺の平坦部が露出するように層 2 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 2 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 3 1 の凹部 3 1 U （の表面）に密着している。

【 0 1 0 0 】

図 1 3 (F) では、基材 3 1 の表面を層 2 7 の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材 3 1 を所望の厚さにすることができる。

【 0 1 0 1 】

図 1 3 (G) では、研磨された基材 3 1 の平坦面に、窓 5 6 H を有するレジスト膜 5 6 を形成する。窓 5 6 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 5 6 H の下側に、基材 3 1 の凹部 3 1 U が位置している。図示のように、窓 5 6 H は、レジスト膜 5 6 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 1 0 2 】

図 1 3 (H) では、窓 5 6 H から凸レンズの凸状の曲面 2 7 C に到る孔 5 7 をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面 2 7 C の一部（好適には、曲面 2 7 C の中央部）を孔 5 7 に露出させる。孔 5 7 により、基材 3 1 の凹部 3 1 U の表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面 2 7 C に密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面） 3 1 C となっている。

例えば、孔 5 7 は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE 装置）内で、基材 3 1 の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【 0 1 0 3 】

図 1 3 (I) では、孔 5 7 が形成された基材 3 1 からレジスト膜 5 6 を除去す

る。このようにして、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図 1 3 (I) の基材 3 1、孔 5 7、凸状の曲線 2 7 C、凹状の曲線 3 1 C、平坦面 3 1 B と、図 1 の光学素子 1 0 0 の基材 1 0 1、孔 1 0 3、凸状の曲線 1 0 2 C、凹状の曲線 1 0 1 C、上面 1 0 0 U とが、各々対応している。

【 0 1 0 4 】

光学素子の製造方法の第 5 の実施の形態

図 1 4 および図 1 5 は、光学素子の製造方法の第 5 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【 0 1 0 5 】

図 1 4 (A) には、凹部 4 1 U を有する基材 4 1 が示してある。凹部 4 1 U は、回転対称または略回転対称な形状を有する。基材 4 1 のうち凹部 4 1 U の周囲（または周辺）は、平坦になっている。基材 4 1 は、材料 4 1 M からなる。以下、材料 4 1 M が光学材料である場合を例示して説明する。

凹部 4 1 U の大きさは、図 1 中の凸レンズ 1 0 2 の大きさと同一または略同一である。

この基材 4 1 は、例えば、図 2 (C) 中の基材 6、図 6 (F) 中の層 1 0 が接合された基材 1 1、図 9 (E) 中の層 2 0 が接合された基材 2 1、または、図 1 2 (C) 中の基材 3 1 を用いる。

【 0 1 0 6 】

図 1 4 (B) では、基材 4 1 の上面の凹部 4 1 U に、光学材料 4 1 M とは屈折率が異なる光学材料 3 7 M を充填する。

一例として、光学材料 3 7 M としてゲル化された石英を用い、基材 4 1 の上面に塗布することで、光学材料 3 7 M の層 3 7 を形成し、基材 4 1 の凹部 4 1 U に光学材料 3 7 M を充填する。

そして、凹部 4 1 U に光学材料 3 7 M が充填された基材 4 1 を加熱し、光学材料 3 7 M を硬化させる。

【 0 1 0 7 】

図 1 4 (C) では、硬化した層 3 7 の上面を平坦化する。例えば、光学材料 3 7 の上面の表面荒れやうねりが無くなるように研磨する。好ましくは、基材 4 1 の凹部 4 1 U の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 3 7 の上面を研磨する。または、基材 4 1 の凹部 4 1 U の周囲の平坦部（または平坦面）と層 3 7 の上面とが平行もしくは略平行になるように層 3 7 を研磨する。なお、基材 4 1 の凹部 4 1 U の周囲の平坦部が露出するように層 3 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 3 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 4 1 の凹部 4 1 U（の表面）に密着している。

【 0 1 0 8 】

図 1 5 (D) では、基材 4 1 の表面を層 3 7 の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材 4 1 を所望の厚さにすることができる。

【 0 1 0 9 】

図 1 5 (E) では、研磨された基材 4 1 の平坦面に、窓 5 8 H を有するレジスト膜 5 8 を形成する。窓 5 8 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 5 8 H の下側に、基材 4 1 の凹部 4 1 U が位置している。図示のように、窓 5 8 H は、レジスト膜 5 8 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 1 1 0 】

図 1 5 (F) では、窓 5 8 H から凸レンズの凸状の曲面 3 7 C に到る孔 5 9 をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面 3 7 C の一部（好適には、曲面 3 7 C の中央部）を孔 5 9 に露出させる。孔 5 9 により、基材 4 1 の凹部 4 1 U の表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面 3 7 C に密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）4 1 C となっている。

例えば、孔 5 9 は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE 装置）内で、基材 4 1 の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【 0 1 1 1 】

図 1 5 (G) では、孔 5 9 が形成された基材 4 1 からレジスト膜 5 8 を除去す

る。このようにして、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図 1 5 (G) の基材 4 1、孔 5 9、凸状の曲線 3 7 C、凹状の曲線 4 1 C、平坦面 4 1 B と、図 1 の光学素子 1 0 0 の基材 1 0 1、孔 1 0 3、凸状の曲線 1 0 2 C、凹状の曲線 1 0 1 C、上面 1 0 0 U とが、各々対応している。

【 0 1 1 2 】

光学素子の製造方法の第 6 の実施の形態

図 1 6 および図 1 7 は、光学素子の製造方法の第 6 の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一機能または略同一機能を有する光学素子を得ることが可能である。

【 0 1 1 3 】

図 1 6 (A) には、凹部 8 6 B を有する基材 8 6 が示してある。凹部 8 6 B は、回転対称または略回転対称な形状を有する。基材 8 6 のうち凹部 8 6 B の周囲（または周辺）は、平坦になっている。基材 8 6 は、材料 8 6 M からなる。以下、材料 8 6 M が光学材料である場合を例示して説明する。

凹部 8 6 B の大きさは、図 1 中の凸レンズ 1 0 2 の大きさと同一または略同一である。

この基材 8 6 は、例えば、図 2 (C) 中の基材 6、図 6 (F) 中の層 1 0 が接合された基材 1 1、図 9 (E) 中の層 2 0 が接合された基材 2 1、または、図 1 2 (C) 中の基材 3 1 を用いる。

【 0 1 1 4 】

図 1 6 (B) では、基材 8 6 の凹部 8 6 B の表面を覆う被膜 8 5 を形成する。被膜 8 5 は、例えば、アルミニウム、ニッケル等の金属膜とする。

なお、被膜 8 5 は、基材 8 6 の凹部 8 6 B とその周囲の平坦部（または平坦面）とを覆うように形成してもよい。

【 0 1 1 5 】

図 1 6 (C) では、被膜 8 5 が形成された基材 8 6 の凹部 8 6 B に、光学材料 8 7 M を充填する。光学材料 8 7 M は、光学材料 8 6 とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料 8 6 よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする

例えば、基材 8 6 の底部に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料 8 7 M の層 8 7 を形成することで、基材 8 6 の凹部 8 6 B に光学材料 8 7 M を充填する。

【 0 1 1 6 】

そして、層 8 7 の表面を平坦化する。例えば、層 8 7 の底面の凹部が無くなるように研磨する。好ましくは、基材 8 6 の凹部 8 6 B の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層 8 7 の底面を研磨する。または、基材 8 6 の凹部 8 6 B の周囲の平坦部（または平坦面）と層 8 7 の底面とが平行もしくは略平行になるように層 8 7 を研磨する。なお、基材 8 6 の凹部 8 6 B の周囲の平坦部が露出するように層 8 7 を研磨してもよい。

このようにして、光学材料 8 7 M からなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材 8 6 の凹部 8 6 B （の表面）に対し、被膜 8 5 を介して密着している。

次に、基材 8 6 の上面を、平坦化された層 8 7 の平坦面に対して平行または略平行になるように研磨する。

【 0 1 1 7 】

図 1 7 (D) では、基材 8 6 の上面である平坦面に、窓 8 2 H を有するレジスト膜 8 2 を形成する。窓 8 2 H の形状は、好適には、円形または略円形とする。窓 8 2 H の下側に、基材 8 6 の凹部 8 6 B が位置している。図示のように、窓 8 2 H は、レジスト膜 8 2 の孔および／または開口部を構成している。

【 0 1 1 8 】

図 1 7 (E) では、窓 8 2 H から被膜 8 5 に到る孔 8 3 をエッチングにより形成し、被膜 8 5 の一部（好適には、被膜 8 5 の中央部）を孔 8 3 に露出させる。孔 8 3 により、基材 8 6 の凹部 8 6 B の表面は、その一部が除去され、被膜 8 5 を介して凸レンズの凸状の曲面に密着する凹状の曲面（具体的には環状の斜面）8 6 C となっている。

例えば、孔 8 3 は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE 装置）内で、基材 8 6 の一部をドライエッチングすることによ

り形成される。

【0119】

図17(F)では、孔83が形成された基材86からレジスト膜82を除去する。また、被膜85のうち孔83に露出した露出部分を除去して凸レンズの凸状の曲面87Cを露出させる。例えば被膜85が金属膜である場合は、アルカリ水溶液を用いて露出部分を溶かして除去してもよい。

このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図17(F)の基材86、孔83、凸状の曲線87C、凹状の曲線86C、上面86Uと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0120】

光学系の第1の実施の形態

図18は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第1の実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光学系119は、光学素子100、110を有し、光学素子100、110を積み上げて構成されている。なお、光学素子100は、図1の光学素子100と同一または略同一であり、その説明を適宜省略する。

【0121】

光学素子110は、直方体または略直方体に対して孔113を設けた形状を有する。光学素子110は、基材（基体）111と凸レンズ112とを有する。

基材111では、第1の面である下面110Bと、第2の面である上面110Uとが対向している。

【0122】

基材111は、凸レンズ112の凸状の曲面112Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）111Cが基材111の下面110Bに形成されていると共に、凹状の曲面111Cの奥側から上面110Uに通じる孔113が形成されている。

そして、凸レンズ112の凸状の曲面の一部（具体的には中央部）が、基材1

11の孔113に露出している。

【0123】

凸レンズ112は、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面112Cとにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ112の光軸またはその延長線は孔113を通り抜けている。凸レンズ112を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面112Cの形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔113は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔113の対称軸と凸レンズ112の光軸とが一致もしくは略一致している。孔113の半径は、凸レンズ102、112の半径よりも小さい。

【0124】

凸レンズ112の平坦面は、光学素子110の上面110U（または基材111の上面）と平行または略平行になっている。また、基材111の下面110Bのうち凹状の曲面111Cの周囲の平坦部と、凸レンズ112の平坦面は、平行または略平行であり、図18では同一平面上に位置している。

【0125】

基材111の材料を例えば石英とし、凸レンズ112の材料を例えば窒化ケイ素（窒化シリコン）としてもよい。また、基材111の材料を例えば窒化ケイ素とし、凸レンズ112の材料を例えば石英としてもよい。

【0126】

光学素子110の基材111、凸レンズ112、上面110U、および下面110Bは、光学素子100の基材101、凸レンズ102、上面100U、および下面100Bに各々対応している。

【0127】

光学系119では、凸レンズ102、112の光軸が一致または略一致するように、光学素子100の下面100Bと光学素子110の上面110Uとが接合されている。

【0128】

光学素子100、110は、板状または略板状の形状にすることも可能である

。光学素子 1 0 0, 1 1 0 は、高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

例えば、基材 1 0 1, 1 1 1 に、半導体集積回路を製造する場合に用いるマスク合わせの目印のように、位置合わせ用の目印を付けておくことで、この目印を用いて複数の光学素子を高精度で積み重ねることが可能である。

【 0 1 2 9 】

また、光学素子 1 0 0, 1 1 0 の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状にすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、2次元方向（縦横方向）の位置合わせで光学素子を積み重ねることができ、光学系 1 1 9 を容易に作成可能である。

【 0 1 3 0 】

光学系の第 2 の実施の形態

図 1 9 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 2 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 1 9 中の光学素子 1 0 0 は、図 1 の光学素子 1 0 0 と同一または略同一であり、その説明を適宜省略する。

この光学系 1 1 9 A は、光学素子 1 0 0, 7 0 0 を有し、光学素子 1 0 0, 7 0 0 を積み上げて構成されている。

【 0 1 3 1 】

光学素子 7 0 0 は、基材 7 0 1 と凸レンズ 7 0 2 とを有する。基材 7 0 1 は光学材料からなり、基材 7 0 1 と凸レンズ 7 0 2 は屈折率が異なる。光学素子 7 0 0 は、例えば、図 4 (F) に示すような、光学材料 7 M が凹部 6 B に充填された基材 6 を用いてもよく、この場合の基材 6 の材料 6 M は光学材料とする。

同様にして、光学素子 7 0 0 は、図 7 (I) に示すような、光学材料 7 M が凹部 1 0 B に充填された基材 1 0, 1 1 を用いてもよく、この場合の基材 1 0, 1 1 の材料 1 0 M, 1 1 M は光学材料とする。なお、図 1 0 (H)、図 1 3 (F)、および、図 1 5 (D) についても同様である。

【 0 1 3 2 】

基材 7 0 1 は、基材 7 0 1 の下面に回転対称または略回転対称な凹部 7 0 1 B

を有する。凹部 7 0 1 B をその対称軸に沿って切断した場合における凹部 7 0 1 B の表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部 7 0 1 B は、基材 7 0 1 とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部 7 0 1 B により凸レンズ 7 0 2 が構成されている。

【 0 1 3 3 】

凸レンズ 7 0 2 の下面は、平坦であり、光学素子 7 0 0 の上面 7 0 0 U（または基材 7 0 1 の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ 7 0 2 の下面と基材 7 0 1 の下面 7 0 0 B の平坦部は、同一平面上に位置している。

凸レンズ 7 0 2 の凸状の曲面は、基材 7 0 0 の凹部 7 0 1 B の表面に密着している。

【 0 1 3 4 】

光学素子 7 0 0 は、直方体または略直方体の形状であり、上面 7 0 0 U に光を入射させた場合に、凸レンズ 7 0 2 の平坦面から出射する光を、収束（集束）もしくは発散させることができ、または平行光にすることができる。

凸レンズ 1 0 2，7 0 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 0 0 の下面 1 0 0 B と光学素子 7 0 0 の上面 7 0 0 U とが接合されている。

【 0 1 3 5 】

光学素子 1 0 0，7 0 0 は、板状または略板状にすることも可能である。光学素子 1 0 0，7 0 0 は高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

また、光学素子 1 0 0，7 0 0 の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状とすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、光学系 1 1 9 A を容易に作成可能である。

また、光学系 1 1 9 A において、凸レンズ 7 0 2 を凸レンズ 1 0 2 よりも小さくしてソリッドイマージョンレンズ（S I L）を構成することが可能であり、高い開口数を得ることが可能である。

【 0 1 3 6 】

光学系の第 3 の実施の形態

図 2 0 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 3 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 0 の光学系 1 1 9 B において、図 1 8 中の光学素子 1 1 0 と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系 1 1 9 B は、光学素子 1 1 0、7 1 0 を有し、光学素子 1 1 0、7 1 0 を積み上げて構成されている。

【 0 1 3 7 】

光学素子 7 1 0 は、基材 7 1 1 と凸レンズ 7 1 2 とを有する。基材 7 1 1 は光学材料からなり、基材 7 1 1 と凸レンズ 7 1 2 は屈折率が異なる。光学素子 7 1 0 は、例えば、図 4 (F) に示すような、光学材料 7 M が凹部 6 B に充填された基材 6 を用いてもよく、この場合の基材 6 の材料 6 M は光学材料とする。

同様にして、光学素子 7 1 0 は、図 7 (I) に示すような、光学材料 7 M が凹部 1 0 B に充填された基材 1 0、1 1 を用いてもよく、この場合の基材 1 0、1 1 の材料 1 0 M、1 1 M は光学材料とする。なお、図 1 0 (H)、図 1 3 (F)、および、図 1 5 (D) についても同様である。

【 0 1 3 8 】

基材 7 1 1 は、基材 7 1 1 の下面に回転対称または略回転対称な凹部 7 1 1 B を有する。凹部 7 1 1 B をその対称軸に沿って切断した場合における凹部 7 1 1 B の表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部 7 1 1 B は、基材 7 1 1 とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部 7 1 1 B により凸レンズ 7 1 2 が構成されている。

【 0 1 3 9 】

凸レンズ 7 1 2 の下面は、平坦であり、光学素子 7 1 0 の上面 7 1 0 U (または基材 7 1 1 の上面) と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ 7 1 2 の下面と基材 7 1 1 の下面 7 1 0 B の平坦部は、同一平面上に位置している。

凸レンズ 7 1 2 の凸状の曲面は、基材 7 1 0 の凹部 7 1 1 B の表面に密着して

いる。

【0 1 4 0】

光学素子 7 1 0 は、直方体または略直方体の形状であり、上面 7 1 0 U に光を入射させた場合に、凸レンズ 7 1 2 の平坦面から出射する光を、収束（集束）もしくは発散させることができ、または平行光にすることができる。

凸レンズ 1 1 2, 7 1 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 7 1 0 の下面 7 1 0 B と光学素子 1 1 0 の上面 1 1 0 U とが接合されている。

【0 1 4 1】

光学素子 1 1 0, 7 1 0 は、板状または略板状にすることも可能である。光学素子 1 1 0, 7 1 0 は高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

また、光学素子 1 1 0, 7 1 0 の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状とすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、光学系 1 1 9 B を容易に作成可能である。

【0 1 4 2】

光学系の第 4 の実施の形態

図 2 1 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 4 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 1 の光学系 1 4 9 において、図 1 8 の光学系 1 1 9 と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

【0 1 4 3】

この光学系 1 4 9 は、光学素子 1 0 0, 1 1 0, 1 2 0 を有し、光学素子 1 2 0 上に光学素子 1 1 0 が積み上げてあり、光学素子 1 1 0 上に光学素子 1 0 0 が積み上げてある。

光学素子 1 0 0, 1 1 0, 1 2 0 の凸レンズ 1 0 2, 1 1 2, 1 2 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 0 0, 1 1 0, 1 2 0 が接合されている。

【 0 1 4 4 】

光学系 1 1 9 は、光学素子 1 0 0, 1 1 0 を有する。

光学素子 1 0 0 の凸レンズ 1 0 2 は、コリメータレンズである。凸レンズ 1 0 2 は、半導体レーザ 6 0 からのレーザ光が孔 1 0 3 を通して入射され、当該レーザ光を平行光にして光学素子 1 1 0 に供給する。

光学素子 1 1 0 の凸レンズ 1 1 2 は、光学素子 1 0 0 からの平行光が孔 1 1 3 を通して入射され、当該平行光のレーザ光を凸レンズ 1 2 2 に集光する。

【 0 1 4 5 】

光学素子 1 2 0 は、基材 1 2 1 と凸レンズ 1 2 2 とを有する。基材 1 2 1 は光学材料からなり、基材 1 2 1 と凸レンズ 1 2 2 は屈折率が異なる。

基材 1 2 1 は、基材 1 2 1 の下面に回転対称または略回転対称な凹部 1 2 1 B を有する。凹部 1 2 1 B をその対称軸に沿って切断した場合における凹部 1 2 1 B の表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部 1 2 1 B は、基材 1 2 1 とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部 1 2 1 B により凸レンズ 1 2 2 が構成されている。

【 0 1 4 6 】

凸レンズ 1 2 2 の下面は、平坦であり、光学素子 1 2 0 の上面（または基材 1 2 1 の上面）と平行または略平行になっている。また、凸レンズ 1 2 2 の下面および基材 1 2 1 の下面の平坦面は、同一平面上に位置している。

【 0 1 4 7 】

光学素子 1 2 0 は、直方体または略直方体の形状であり、光学系 1 1 9 の凸レンズ 1 1 2 からの光を入射させた場合に、光学素子 1 2 0 の凸レンズ 1 2 2 の平坦面から出射する光を、光ディスク 8 0 の記録面に集光することができる。

【 0 1 4 8 】

光学系 1 2 9 は、光学素子 1 1 0, 1 2 0 を有する。光学素子 1 1 0, 1 2 0 の組み合わせにより、ソリッドイマージョンレンズ（S I L）を構成している。凸レンズ 1 2 2 の屈折率を大きくすることで光学系 1 2 9 の開口数 N A をより高くすることができる。

光学素子 1 0 0 ~ 1 2 0 では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ 1 0 2 ~ 1 2 2 を形成しているの、凸レンズ 1 0 2 ~ 1 2 2 の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【 0 1 4 9 】

なお、光学素子 1 2 0 の底面（光ディスク 8 0 と対向する対向面）の角に丸みを設けることで、光ディスク 8 0 の表面との衝突および／または衝撃を減らすことが可能である。

【 0 1 5 0 】

光学系の第 5 の実施の形態

図 2 2 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 5 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 2 の光学系 1 4 9 A において、図 1 9 の光学系 1 1 9 A と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。また、図 2 2 の光学系 1 4 9 A において、図 2 1 中の光学素子 1 2 0 を用いており、この光学素子 1 2 0 の説明を適宜省略する。

【 0 1 5 1 】

この光学系 1 4 9 A は、光学素子 1 0 0、1 2 0、7 0 0 を有し、光学素子 1 2 0 上に光学素子 7 0 0 が積み上げてあり、光学素子 7 0 0 上に光学素子 1 0 0 が積み上げてある。

光学素子 1 0 0、1 2 0、7 0 0 の凸レンズ 1 0 2、1 2 2、7 0 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 0 0、1 2 0、7 0 0 が接合されている。

【 0 1 5 2 】

光学系 1 1 9 A は、光学素子 1 0 0、7 0 0 を有する。

光学素子 1 0 0 の凸レンズ 1 0 2 は、コリメータレンズである。凸レンズ 1 0 2 は、半導体レーザ 6 0 からのレーザ光が孔 1 0 3 を通して入射され、当該レーザ光を平行光にして光学素子 7 0 0 に供給する。

光学素子 7 0 0 の基材 7 0 1 と凸レンズ 7 0 2 は、屈折率が互いに異なる。凸レンズ 7 0 2 は、光学素子 1 0 0 からの平行光が入射され、当該平行光のレーザ

光を凸レンズ 1 2 2 に集光する。

【 0 1 5 3 】

光学素子 1 2 0 は、直方体または略直方体の形状であり、光学系 1 1 9 A の凸レンズ 7 0 2 からの光を入射させた場合に、光学素子 1 2 0 の凸レンズ 1 2 2 の平坦面から出射する光を、光ディスク 8 0 の記録面に集光することができる。

【 0 1 5 4 】

光学系 1 2 9 A は、光学素子 1 2 0, 7 0 0 を有する。光学素子 1 2 0, 7 0 0 の組み合わせにより、ソリッドイマージョンレンズ (S I L) を構成している。凸レンズ 1 2 2 の屈折率を大きくすることで光学系 1 2 9 A の開口数 N A をより高くすることができる。

光学素子 1 0 0, 1 2 0, 7 0 0 では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ 1 0 2, 1 2 2, 7 0 2 を形成しているので、凸レンズ 1 0 2, 1 2 2, 7 0 2 の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【 0 1 5 5 】

光学系の第 6 の実施の形態

図 2 3 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 6 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 3 の光学系 1 4 9 B において、図 2 0 の光学系 1 1 9 B と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。また、図 2 2 の光学系 1 4 9 A において、図 2 1 中の光学素子 1 2 0 を用いており、この光学素子 1 2 0 の説明を適宜省略する。

【 0 1 5 6 】

光学系 1 4 9 B は、光学素子 1 1 0, 1 2 0, 7 1 0 を有し、光学素子 1 2 0 上に光学素子 1 1 0 が積み上げてあり、光学素子 1 1 0 上に光学素子 7 1 0 が積み上げてある。

光学素子 1 1 0, 1 2 0, 7 1 0 の凸レンズ 1 1 2, 1 2 2, 7 1 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 1 0, 1 2 0, 7 1 0 が接合されている。

【 0 1 5 7 】

光学系 1 1 9 B は、光学素子 1 1 0, 7 1 0 を有する。光学素子 7 1 0 の基材 7 1 1 と凸レンズ 7 1 2 は、屈折率が互いに異なる。

光学素子 7 1 0 は、コリメータレンズの機能を有する。凸レンズ 7 1 2 は、半導体レーザからのレーザ光を平行光にして光学素子 1 1 0 に供給する。

光学素子 1 1 0 の凸レンズ 1 1 2 は、光学素子 7 1 0 からの平行光が孔 1 1 3 を通して入射され、当該平行光のレーザ光を凸レンズ 1 2 2 に集光する。

【 0 1 5 8 】

光学素子 1 2 0 は、直方体または略直方体の形状であり、光学系 1 1 9 B の凸レンズ 7 1 2 からの光を入射させた場合に、光学素子 1 2 0 の凸レンズ 1 2 2 の平坦面から出射する光を、光ディスク 8 0 の記録面に集光することができる。

【 0 1 5 9 】

光学系 1 2 9 は、光学素子 1 1 0, 1 2 0 を有する。光学素子 1 1 0, 1 2 0 の組み合わせにより、ソリッドイマージョンレンズ (S I L) を構成している。凸レンズ 1 2 2 の屈折率を大きくすることで光学系 1 2 9 の開口数 N A をより高くすることができる。

光学素子 1 1 0, 1 2 0, 7 1 0 では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ 1 1 2, 1 2 2, 7 1 2 を形成しているので、凸レンズ 1 1 2, 1 2 2, 7 1 2 の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【 0 1 6 0 】

光学系の第 7 の実施の形態

図 2 4 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 7 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 4 の光学系 1 5 9 において、図 2 1 の光学系 1 4 9 と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系 1 5 9 は、図 2 1 の光学系 1 4 9 の光学素子 1 0 0, 1 1 0 間に、ビームスプリッタである光学素子 1 5 0 を挿入した構成である。

【0161】

光学系159は、光学素子100、110、120、150を有し、光学素子120上に光学素子110が積み上げてあり、光学素子110上に光学素子150が積み上げてあり、光学素子150上に光学素子100が積み上げてある。光学素子100、110、120の凸レンズ102、112、122の光軸が一致または略一致するように、光学素子100、110、120、150が接合されている。

【0162】

光学素子100、110の間に位置する光学素子150は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜）152が凸レンズ102、112の間に位置している。

この半透明膜152は、光学素子100（の凸レンズ102）からの平行光を通過させ、光学素子110（の凸レンズ112）からの戻り光を反射する。

【0163】

光学素子100の凸レンズ102は、コリメータレンズであり、半導体レーザー60からのレーザー光を平行光にし、この平行光を光学素子150を介して光学系129内の光学素子110に供給する。

【0164】

光学系129は、光学素子150からの平行光をレンズ112、122を経て凸レンズ122の底面から出射し、出射光を光ディスク80の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系129は、光ディスク80（の記録面）で反射した反射レーザー光（戻りレーザー光）を、光学素子150に供給する。

光学素子100と光学系129との間に、ビームスプリッタである光学素子150を介在させることで、光ディスク80で反射した反射レーザー光を光学素子150の側面から取り出すことが可能である。

【0165】

光学系の第8の実施の形態

図25は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第8の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図25の光学系159Aにおいて、図24の光学系

1 5 9 および図 2 2 の光学系 1 4 9 A と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系 1 5 9 A は、図 2 2 の光学系 1 4 9 A の光学素子 1 0 0, 7 0 0 間に、ビームスプリッタである光学素子 1 5 0 を挿入した構成である。

【 0 1 6 6 】

光学系 1 5 9 A は、光学素子 1 0 0, 1 2 0, 1 5 0, 7 0 0 を有し、光学素子 1 2 0 上に光学素子 7 0 0 が積み上げてあり、光学素子 7 0 0 上に光学素子 1 5 0 が積み上げてあり、光学素子 1 5 0 上に光学素子 1 0 0 が積み上げてある。光学素子 1 0 0, 1 2 0, 7 0 0 の凸レンズ 1 0 2, 1 2 2, 7 0 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 0 0, 1 2 0, 1 5 0, 7 0 0 が接合されている。

【 0 1 6 7 】

光学素子 1 0 0, 7 0 0 の間に位置する光学素子 1 5 0 は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜） 1 5 2 が凸レンズ 1 0 2, 7 0 2 の間に位置している。

この半透明膜 1 5 2 は、光学素子 1 0 0 （の凸レンズ 1 0 2）からの平行光を通過させ、光学素子 7 0 0 （の凸レンズ 7 0 2）からの戻り光を反射する。

【 0 1 6 8 】

光学素子 1 0 0 の凸レンズ 1 0 2 は、コリメータレンズであり、半導体レーザー 6 0 からのレーザー光を平行光にし、この平行光を光学素子 1 5 0 を介して光学系 1 2 9 A 内の光学素子 7 0 0 に供給する。

【 0 1 6 9 】

光学系 1 2 9 A は、光学素子 1 5 0 からの平行光をレンズ 7 0 2, 1 2 2 を経てレンズ 1 2 2 の底面から出射し、出射光を光ディスク 8 0 の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系 1 2 9 A は、光ディスク 8 0 （の記録面）で反射した反射レーザー光（戻りレーザー光）を、光学素子 1 5 0 に供給する。

光学素子 1 0 0 と光学系 1 2 9 A との間に、ビームスプリッタである光学素子 1 5 0 を介在させることで、光ディスク 8 0 で反射した反射レーザー光を光学素子 1 5 0 の側面から取り出すことが可能である。

【 0 1 7 0 】

光学系の第 9 の実施の形態

図 2 6 は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 9 の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図 2 6 の光学系 1 5 9 B において、図 2 4 の光学系 1 5 9 および図 2 3 の光学系 1 4 9 B と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系 1 5 9 B は、図 2 3 の光学系 1 4 9 B の光学素子 1 1 0, 7 1 0 間に、ビームスプリッタである光学素子 1 5 0 を挿入した構成である。

【 0 1 7 1 】

光学系 1 5 9 B は、光学素子 1 1 0, 1 2 0, 1 5 0, 7 1 0 を有し、光学素子 1 2 0 上に光学素子 1 1 0 が積み上げてあり、光学素子 1 1 0 上に光学素子 1 5 0 が積み上げてあり、光学素子 1 5 0 上に光学素子 7 1 0 が積み上げてある。光学素子 1 1 0, 1 2 0, 7 1 0 の凸レンズ 1 1 2, 1 2 2, 7 1 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 1 1 0, 1 2 0, 1 5 0, 7 1 0 が接合されている。

【 0 1 7 2 】

光学素子 1 1 0, 7 1 0 の間に位置する光学素子 1 5 0 は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜） 1 5 2 が凸レンズ 1 1 2, 7 1 2 の間に位置している。

この半透明膜 1 5 2 は、光学素子 7 1 0 （の凸レンズ 7 1 2）からの平行光を通過させ、光学素子 1 1 0 （の凸レンズ 1 1 2）からの戻り光を反射する。

【 0 1 7 3 】

光学素子 7 1 0 は、コリメータレンズの機能を有しており、半導体レーザ 6 0 からのレーザ光を平行光にし、この平行光を光学素子 1 5 0 を介して光学系 1 2 9 内の光学素子 1 1 0 に供給する。

【 0 1 7 4 】

光学系 1 2 9 は、光学素子 1 5 0 からの平行光を凸レンズ 1 1 2, 1 2 2 を経て凸レンズ 1 2 2 の底面から出射し、出射光を光ディスク 8 0 の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系 1 2 9 は、光ディスク 8 0 （の記録面）

で反射した反射レーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子 1 5 0 に供給する。

光学素子 7 1 0 と光学系 1 2 9 との間に、ビームスプリッタである光学素子 1 5 0 を介在させることで、光ディスク 8 0 で反射した反射レーザ光を光学素子 1 5 0 の側面から取り出すことが可能である。

【0 1 7 5】

光ヘッド

図 2 7 は、本発明に係る光学素子を用いた光ヘッドの実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光ヘッド 6 0 0 は、光学系 3 2 9 と、I C チップ 7 4 と、プリズム 7 5 と、光学素子 3 4 0 とを有し、スイングアーム 7 2 およびサスペンション 7 3 によりフライングヘッド（浮上型光ヘッド）を構成している。

【0 1 7 6】

光学系 3 2 9 は、光学素子 3 0 0、3 2 0 を有し、光学素子 3 2 0 上に光学素子 3 0 0 が積み上げてある。この光学系 3 2 9 は、スライダを構成しており、光学系 3 2 9 の光学素子 3 2 0 の底面 3 2 0 B と光ディスク 8 0 の表面とが対向しており、光学素子 3 2 0 の底面 3 2 0 B がスライダ面を構成している。

【0 1 7 7】

スイングアーム 7 2 の下面（底面）には、サスペンション 7 3 が取り付けられており、又はサスペンション 7 3 が形成されている。

また、スイングアーム 7 2 の下面の先端部には、I C チップ 7 4 の上面が接合されている。

【0 1 7 8】

I C チップ 7 4 の下面には、プリズム 7 5 の上面と台座 7 6 の上面とが接合されている。

プリズム 7 5 の下面には、光学素子 3 4 0 の上面が接合されている。

台座 7 6 の下面には、可撓性の光ファイバ 7 1 が接合されている。例えば、台座 7 6 の下面に V 字溝を形成し、当該 V 字溝に光ファイバがはめ込まれるように、光ファイバ 7 1 を接着剤で固着する。なお、台座 7 6 は、I C チップ 7 4 と同一の材料とすることが望ましい。

サスペンション 7 3 の先端部には、光学系 3 2 9 が取り付けられている。

【 0 1 7 9 】

光学素子 3 4 0 は、直方体または略直方体に対して孔 3 4 3 を設けた形状を有する。光学素子 3 4 0 は、基材（基体） 3 4 1 と凸レンズ 3 4 2 とを有する。

基材 3 4 1 は、凸レンズ 3 4 2 の凸状の曲面に密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面） 3 4 1 C が下面 3 4 0 B に形成されていると共に、凹状の曲面 3 4 1 C の奥側から上面 3 4 0 U に通じる孔 3 4 3 が形成されている。

そして、凸レンズ 3 4 2 の凸状の曲面の一部（具体的には中央部）が、基材 3 4 1 の孔 3 4 3 に露出している。

【 0 1 8 0 】

凸レンズ 3 4 2 は、コリメータレンズであり、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ 3 4 2 の光軸またはその延長線は孔 3 4 3 を通り抜けている。凸レンズ 3 4 2 を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔 3 4 3 は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔 3 4 3 の対称軸と凸レンズ 3 4 2 の光軸とが一致もしくは略一致している。

【 0 1 8 1 】

凸レンズ 3 4 2 の平坦面は、光学素子 3 4 0 の上面 3 4 0 U（または基材 3 4 1 の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、基材 3 4 1 の下面 3 4 0 B のうち凹状の曲面 3 4 1 C の周囲の平坦部（または平坦面）と、凸レンズ 3 4 2 の平坦面は、平行もしくは略平行であり、図 2 7 では同一平面上に位置している。

【 0 1 8 2 】

光学素子 3 4 0 は、直方体または略直方体の形状であり、上面 3 4 0 U に光を入射させた場合に、光学素子 3 4 0 の下面 3 4 0 B から出射する光を、凸レンズ 3 4 2 により平行光にすることができる。

【 0 1 8 3 】

プリズム 7 5 の傾斜面にはハーフミラーが形成されており、このハーフミラー

は光ファイバ 7 1 の端面から放射されたレーザ光を反射して光学素子 3 4 0 に供給する。

光学素子 3 4 0 は、プリズム 7 5 のハーフミラーからのレーザ光を孔 3 4 3 を通して凸レンズ 3 4 2 に供給する。凸レンズ 3 4 2 は、ハーフミラーからのレーザ光を平行光にして、光学系 3 2 9 に供給する。

【 0 1 8 4 】

光学系 3 2 9 は、光学素子 3 4 0 からのレーザ光をレンズ 3 0 2, 3 2 2 を用いて光ディスク 8 0 に集光し、光ディスク 8 0 の記録面に焦点を結像させる。また、光学系 3 2 9 は、光ディスク 8 0 の記録面で反射したレーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子 3 4 0 の凸レンズ 3 4 2 および孔 3 4 3 を介してプリズム 7 5 に戻す。

プリズム 7 5 の傾斜面のハーフミラーは、光学系 3 2 9 からの戻りレーザ光を透過して IC チップ 7 4 に供給する。

【 0 1 8 5 】

IC チップ 7 4 は、光半導体複合素子であり、IC チップ 7 4 の下面には、光検出器および演算回路が形成され、または、光検出器および演算回路が取り付けられている。

光検出器は、戻りレーザ光を受光して戻りレーザ光に応じた受光信号を演算回路に供給する。

演算回路は、光検出器からの受光信号に基づいて所定の演算を行い、演算結果を示す信号を生成する。この信号は、IC チップ 7 4 に接続された信号線から取り出すことができるようになっている。

【 0 1 8 6 】

図 2 8 は、図 2 7 中の光学系 3 2 9 を示す概略的な構成図である。

光学系 3 2 9 は、光学素子 3 0 0, 3 2 0 を有する。

光学素子 3 2 0 は、基材 3 2 1 と凸レンズ 3 2 2 とを有する。基材 3 2 1 は光学材料からなり、基材 3 2 1 と凸レンズ 3 2 2 は屈折率が互いに異なる。

【 0 1 8 7 】

基材 3 2 1 は、基材 3 2 1 の下面に回転対称または略回転対称な凹部 3 2 1 B

を有する。凹部 3 2 1 B をその対称軸に沿って切断した場合における凹部 3 2 1 B の表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部 3 2 1 B は、基材 3 2 1 とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部 3 2 1 B により凸レンズ 3 2 2 が構成されている。

【 0 1 8 8 】

凸レンズ 3 2 2 の下面は、平坦であり、光学素子 3 2 0 の上面 3 2 0 U（または基材 3 2 1 の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ 3 2 2 の下面と基材 3 2 1 の下面 3 2 0 B の平坦部は、同一平面上に位置し、光学素子 3 2 0 の下面を構成している。

【 0 1 8 9 】

光学素子 3 2 0 は、直方体または略直方体の形状であり、上面 3 2 0 U に光を入射させた場合に、凸レンズ 3 2 2 の平坦面から出射する光を収束（集束）させることができる。

凸レンズ 3 0 2， 3 2 2 の光軸が一致または略一致するように、光学素子 3 0 0（または基材 3 0 1）の下面 3 0 0 B と光学素子 3 2 0 の上面 3 2 0 U とが接合されている。

なお、光学素子 3 2 0 の底面（光ディスク 8 0 と対向する対向面） 3 2 0 B の角に丸みを設けることで、光ディスク 8 0 の表面との衝突および／または衝撃を減らすことが可能である。

【 0 1 9 0 】

光学素子 3 2 0 の基材 3 2 1 は、例えば酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素としてもよい。

光ヘッド 6 0 0 の光学系 3 2 9 は剛性および／または硬度が大きいことが望ましく、光学素子 3 2 0 の基材 3 2 1 を酸化アルミニウムとすることで、剛性および／または硬度を大きくすることができる。

光学系 3 2 9 により高い開口数を得ることができ、光学系 3 2 9 によりソリッドイマージョンレンズ（固体油含浸レンズ、S I L）を構成して当該光学系 3 2 9 を近接場の領域で使用することで、近接場光記録再生を行うことが可能であり

、光ディスクの記録密度を向上可能である。

【 0 1 9 1 】

光学素子 3 2 0 の底面 3 2 0 B には、スライダである光学系 3 2 9 を浮上させるためのレールを形成してもよい。

光学素子 3 2 0 の底面 3 2 0 B には、光ディスク 8 0 が光磁気ディスクである場合に、光磁気記録時に磁界（または磁力線）を発生するコイルを形成してもよい。

光学素子 3 2 0 の底面 3 2 0 B のレールおよび／またはコイルは、光学素子 3 2 0 を直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状にすることで、半導体製造プロセスを利用して容易に作成可能である。

【 0 1 9 2 】

一例として、光学系 3 2 9 の横方向の大きさは約 1 m m とし、縦方向の大きさは約 0 . 5 m m とし、高さ方向の大きさは約 0 . 4 m m とする。

一例として、光学素子 3 0 0 の高さ方向の大きさは約 0 . 3 m m とし、光学素子 3 2 0 の高さ方向の大きさは約 0 . 1 3 m m とする。

一例として、凸レンズ 3 0 2 の底面（または平坦面）の直径は約 0 . 2 m m とし、凸レンズ 3 2 2 の底面（または平坦面）の直径は約 0 . 1 m m とする。

【 0 1 9 3 】

図 2 9 は、図 2 7 中の I C チップ 7 4 およびその周辺の構成例を示す概略的な説明図である。

I C チップ 7 4 は、不図示の電源線により駆動電力が供給されるようになっている。また、I C チップ 7 4 は、可撓性の信号線 7 9 により、I C チップ 7 4 の出力信号を取り出すことができると共に、I C チップ 7 4 に信号を供給することができるようになっている。なお、信号線 7 9 は、銅などの金属の極細線に薄い絶縁皮膜を施した構成としてもよい。

【 0 1 9 4 】

I C チップ 7 4 の下面には、プリズム 7 5 の上面と台座（サブマウント）7 6 の上面とが接合されている。台座 7 6 の下面には、光ファイバ 7 1 が接合されている。

プリズム 7 5 の傾斜面にはハーフミラー 7 8 が形成されている。ハーフミラー 7 8 は、光ファイバ 7 1 の端面から放射されたレーザ光を反射して光学素子 3 4 0 の凸レンズ 3 4 2 に供給する。

凸レンズ 3 4 2 を通過したレーザ光は、光学系 3 2 9 を介して光ディスク 8 0 に照射され、光ディスク 8 0 の記録面で反射して凸レンズ 3 4 2 に戻る。

【 0 1 9 5 】

ハーフミラー 7 8 は、凸レンズ 3 4 2 からの戻りレーザ光を透過してプリズム 7 5 の傾斜面に供給する。プリズム 7 5 の傾斜面は、ハーフミラー 7 8 を透過した戻りレーザ光を IC チップ 7 4 に供給する。

なお、ハーフミラー 7 8 は、光ファイバ 7 1 の端面の方向からのレーザ光を反射し、凸レンズ 3 4 2 の方向からのレーザ光を透過する多層膜により構成されている。

【 0 1 9 6 】

IC チップ 7 4 の下面には、光検出器 7 7 が形成されている。この光検出器 7 7 は、第 1 および第 2 の光検出器 7 7 A, 7 7 B を有する。

プリズム 7 5 の傾斜面を透過した戻りレーザ光は、第 2 の光検出器 7 7 B 上に集光して反射し、プリズム 7 5 の下面で再度反射し、第 1 の光検出器 7 7 A 上に集光する。なお、プリズム 7 5 の下面には不図示の反射膜が形成されている。

IC チップ 7 4 は、光検出器 7 7 A, 7 7 B の出力信号を IC チップ 7 4 内の演算回路に供給する。

【 0 1 9 7 】

光検出器 7 7 を 6 分割光検出器とし、光検出器 7 7 A, 7 7 B を 3 分割光検出器とすることで、D - 3 D F (Differential - 3 Devided Focusing) によりフォーカス誤差信号を生成可能であり、プッシュプル法によりトラッキング誤差信号を生成可能であり、光検出器 7 7 A または光検出器 7 7 B の出力信号の和により再生信号を生成可能である。

さらに、IC チップ 7 4 は、信号線 7 9 から、フォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号および再生信号を取り出すことができるようになっている。

【 0 1 9 8 】

図 2 7 の光ヘッド 6 0 0 では、半導体レーザを備えた光ヘッドに比べ、光ヘッドの小型化が可能であり、光ヘッドを素早く移動させることが可能である。

例えば、半導体レーザを光ヘッドに設けるには、半導体レーザの発熱対策用の放熱部品や、半導体レーザを保護する気密容器等が必要であるが、光ヘッド 6 0 0 では、当該放熱部品および気密容器が不要であり、この点で小型化が可能である。

このように、軽量で小型の光ヘッド 6 0 0 を用いることで、光ディスク装置の小型化が可能であると共に、光ディスク 8 0 への高速アクセスが可能である。

【 0 1 9 9 】

また、光ヘッド 6 0 0 では、光ディスク 8 0 からの反射レーザ光（戻りレーザ光）を電気信号に変換するので、戻りレーザ光を光ファイバ 7 1 に送り込むことが不要となる。したがって、戻りレーザ光を光ファイバ 7 1 に送り込むための部品の高精度の配置が不要となり、製造の容易な光ヘッド 6 0 0 を得ることができ

る。

さらに、振動に対する信頼性が高く、信号品質が高い光ヘッド 6 0 0 を得ることができる。

【 0 2 0 0 】

なお、モールドレンズに使用されるガラスの屈折率は、一例として 1. 4 ~ 1. 7 である。

本発明に係る光学素子の凸レンズの光学材料、特に大きい屈折率（または高い屈折率）の光学材料には、例えば、酸化アルミニウム（例えば屈折率が約 1. 8 の Al_2O_3 ）、酸化チタン（例えば屈折率が約 2. 5 の TiO_2 ）、酸化タンタル（例えば屈折率が約 2. 4 の Ta_2O_5 ）、リン化ガリウム（例えば屈折率が約 3. 3 の GaP ）等が使用可能であり、上記光学材料を用いることで、開口数が大きい凸レンズを作成可能である。

【 0 2 0 1 】

また、本発明に係る光学素子の凸レンズの光学材料には、 $Ta_{X1}O_{Y1}$ 、 $Ti_{X2}O_{Y2}$ 、 $Al_{X3}O_{Y3}$ 、 $Si_{X4}O_{Y4}$ 、 $Si_{X5}N_{Y5}$ 、 $Mg_{X6}F_{Y6}$ 、 $Ga_{X7}N_{Y7}$ 、 Ga

X_8P_{Y8} , $Ti_{X9}Nb_{Y9}O_{Z9}$, $Ti_{Z6}Ta_{Z7}O_{Z8}$, $Nb_{Z4}O_{Z5}$ 等の化合物を使用可能である。但し、 $X1 \sim X9$, $Y1 \sim Y9$, $Z4 \sim Z9$ は、前記化合物が存在し得るような数値である。

【0202】

なお、上記実施の形態は本発明の例示であり、本発明は上記実施の形態に限定されない。

【0203】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、小型の凸レンズを有する光学素子を作成可能である。また、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、小型で開口数が多い凸レンズを有する光学素子を作成可能である。

また、本発明によれば、上記製造方法から作成可能な光学素子と、当該光学素子を用いた光学系とを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図2】

本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図3】

図2に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図4】

図3に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図5】

本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 6】

図 5 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 2 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 7】

図 6 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 2 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 8】

本発明に係る光学素子の製造方法の第 3 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 9】

図 8 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 3 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 0】

図 9 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 3 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 1】

本発明に係る光学素子の製造方法の第 4 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 2】

図 1 1 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 4 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 3】

図 1 2 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 4 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 4】

本発明に係る光学素子の製造方法の第 5 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 5】

図 1 4 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 5 の実施の形態を示す

概略的な説明図である。

【図 1 6】

本発明に係る光学素子の製造方法の第 6 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 7】

図 1 6 に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第 6 の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図 1 8】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 1 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 1 9】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 2 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 0】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 3 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 1】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 4 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 2】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 5 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 3】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 6 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 4】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 7 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 5】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 8 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 6】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第 9 の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 7】

本発明に係る光学素子を用いた光ヘッドの実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図 2 8】

図 2 7 中の光学系 3 2 9 を示す概略的な構成図である。

【図 2 9】

図 2 9 は、図 2 7 中の I C チップおよびその周辺の構成例を示す概略的な説明図である。

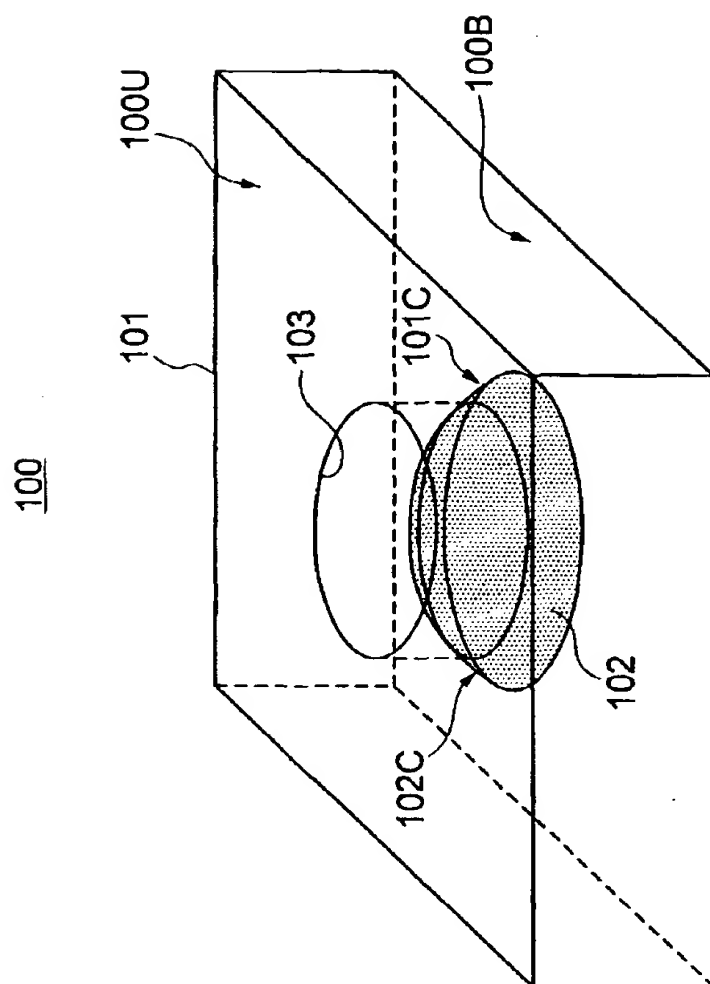
【符号の説明】

3…金型、4…通路、5, 8 U, 1 0 U…凸部、6, 1 1, 2 1, 3 1, 4 1, 5 1, 8 6, 1 0 1, 1 1 1, 1 2 1, 3 0 1, 3 2 1…基材、6 B, 7 B, 1 0 B, 2 0 B, 2 7 U, 3 1 U, 4 1 U, 5 1 U, 8 6 B, 1 0 1 B, 1 1 1 B, 7 0 1 B, 7 1 1 B…凹部、6 L, 6 M, 1 0 M, 1 1 M, 2 0 M, 2 1 M, 3 1 M, 4 1 M, 8 6 M…材料、7 M, 2 7 M, 3 7 M…光学材料、7, 1 0, 2 0, 2 7, 3 7, 8 7…層、8, 1 8…シリコン基板、9, 1 9…レジスト、1 0 S, 1 0 0 U, 1 1 0 U, 1 2 0 U…上面、3 2…エッチング液、2 9, 5 0, 5 2, 5 4, 5 6, 5 8…レジスト膜、2 9 H, 5 0 H, 5 2 H, 5 4 H, 5 6 H, 5 8 H…窓、5 1, 5 3, 5 5, 5 7, 5 9, 1 0 3, 1 1 3, 3 0 3, 3 4 3…孔、6 0…半導体レーザ、7 1…光ファイバ、7 2…スイングアーム、7 3…サスペンション、7 4…I C チップ、7 5…プリズム、7 6…台座、7 7, 7 7 A, 7 7 B…光検出器、7 8…ハーフミラー、7 9…信号線、8 0…光ディスク、8 5…被膜、1 0 0, 1 1 0, 1 2 0, 3 4 0, 7 0 0, 7 1 0…光学素子、1 0 0 B, 1 1 0 B, 1 2 0 B…下面、6 C, 1 0 C, 2 0 C, 3 1

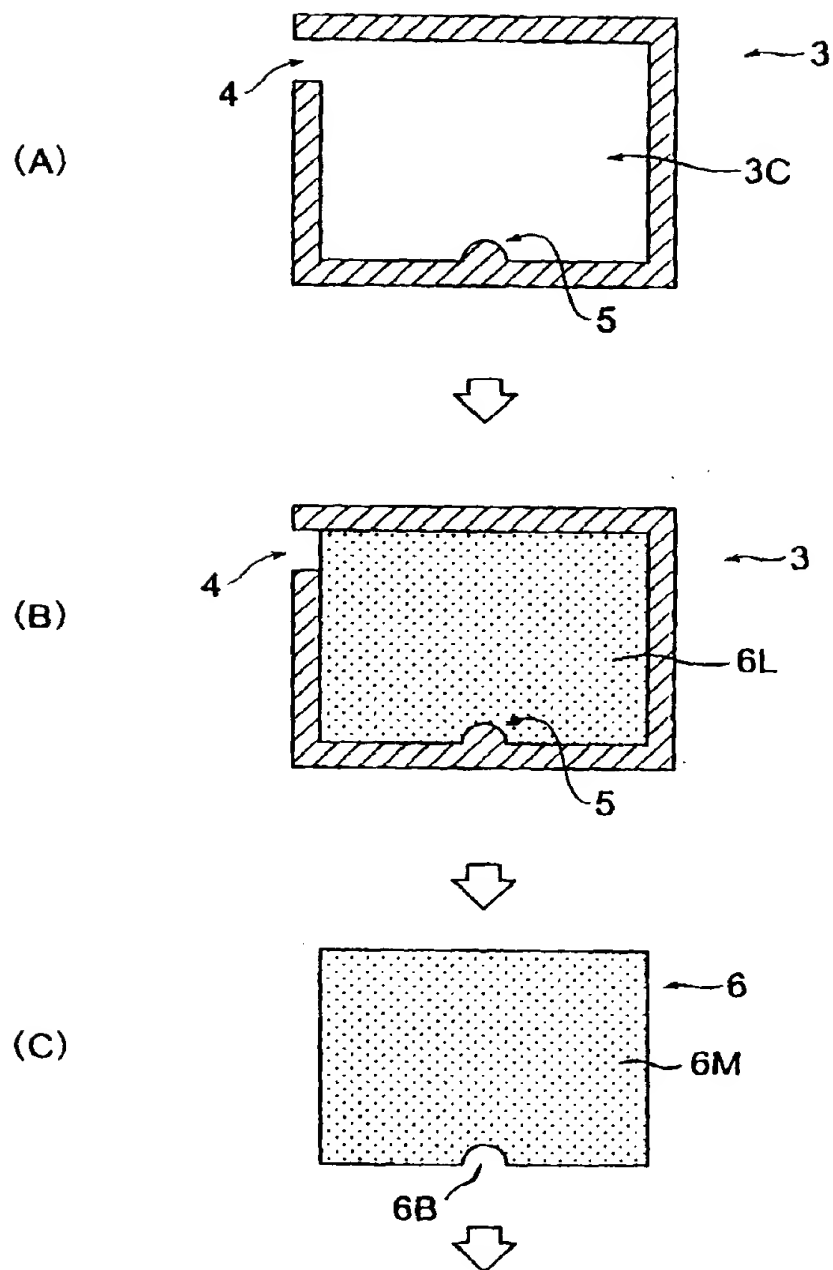
C, 4 1 C, 8 6 C, 1 0 1 C, 1 1 1 C, 3 0 1 C, 3 4 1 C…凹状の曲線、
1 0 2, 1 1 2, 1 2 2, 3 0 2, 3 2 2, 3 4 2, 7 0 2, 7 1 2…凸レンズ
、 7 C, 2 7 C, 3 7 C, 8 7 C, 1 0 2 C, 1 1 2 C, 3 0 2 C…凸状の曲線
、 1 1 9, 1 1 9 A, 1 1 9 B, 1 2 9, 1 2 9 A, 1 4 9, 1 4 9 A, 1 5 9
、 1 5 9 A, 3 2 9…光学系、1 5 0…光学素子（ビームスプリッタ）、6 0 0
…光ヘッド。

【書類名】 図面

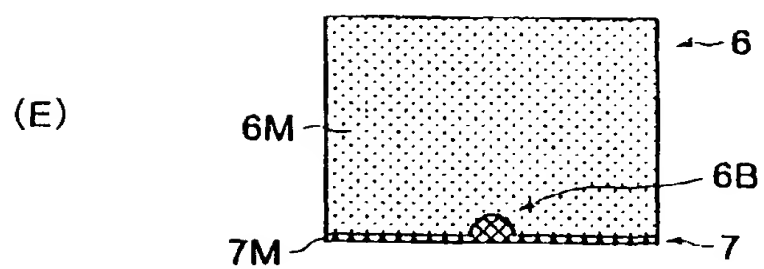
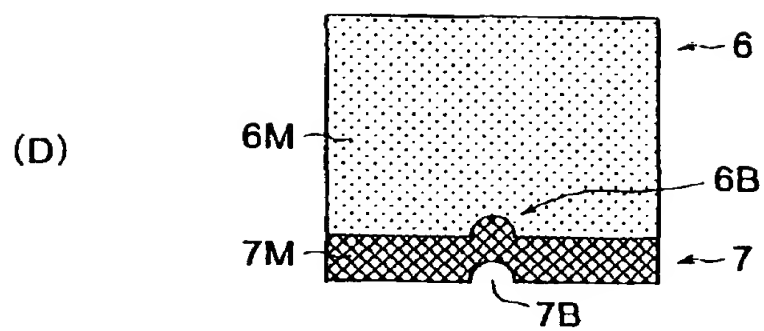
【図 1】



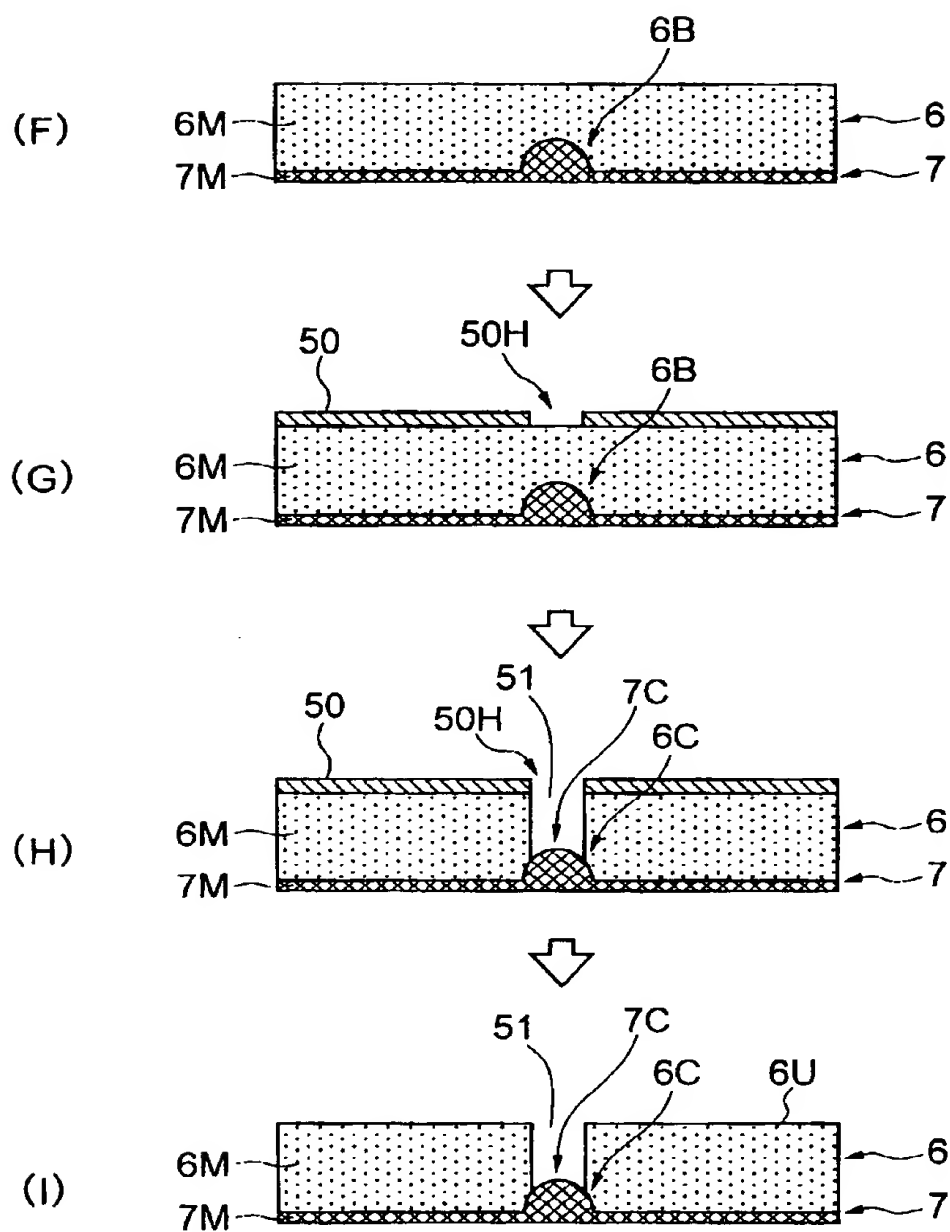
【図 2】



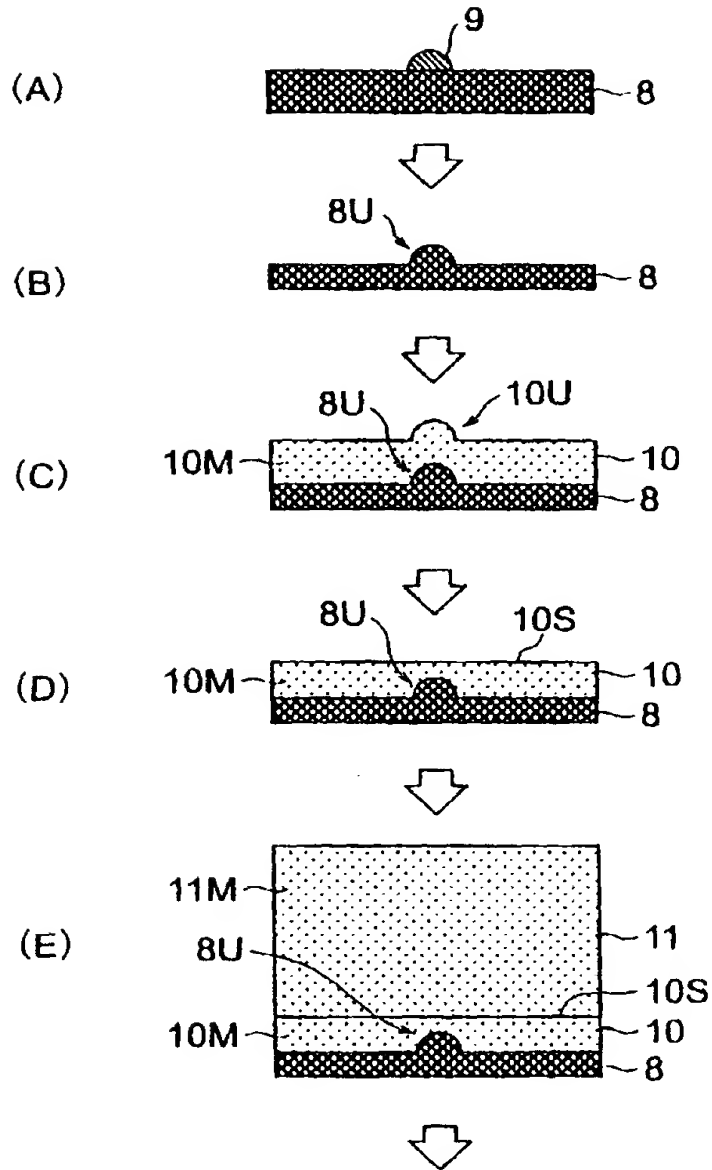
【図 3】



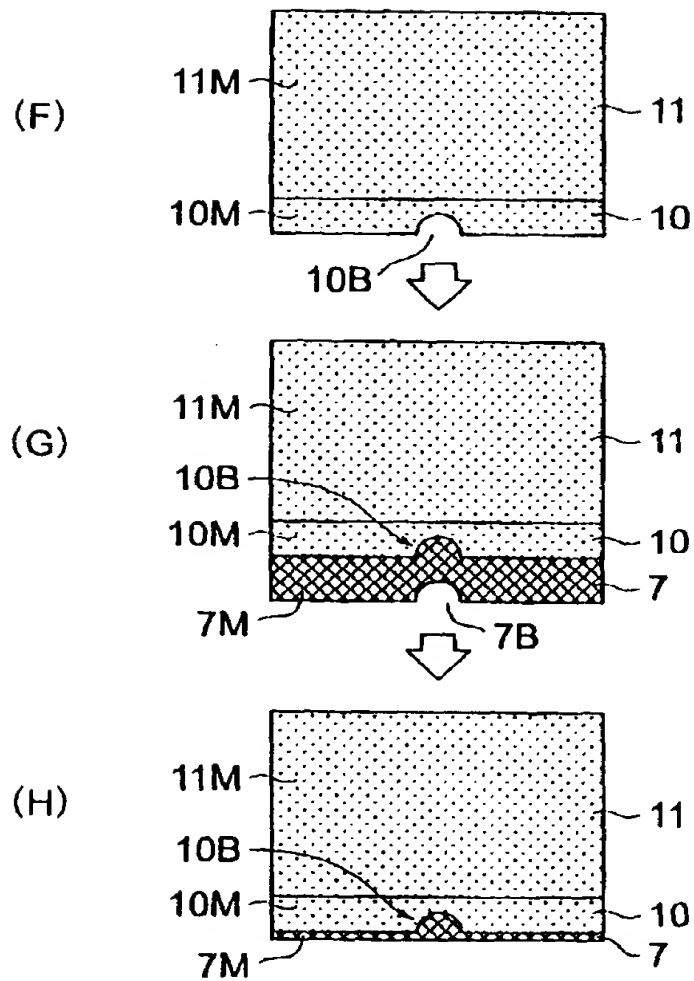
【 図 4 】



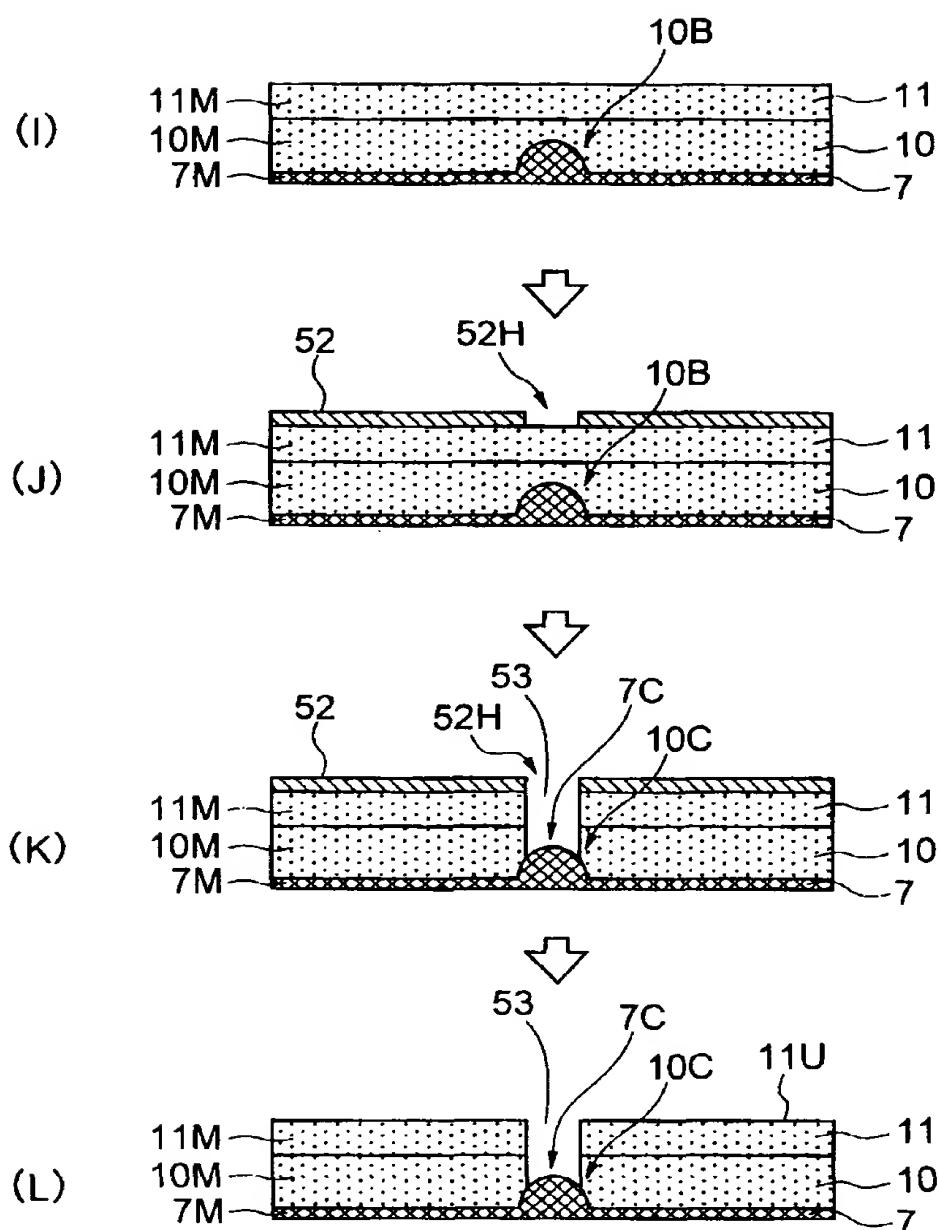
【図 5】



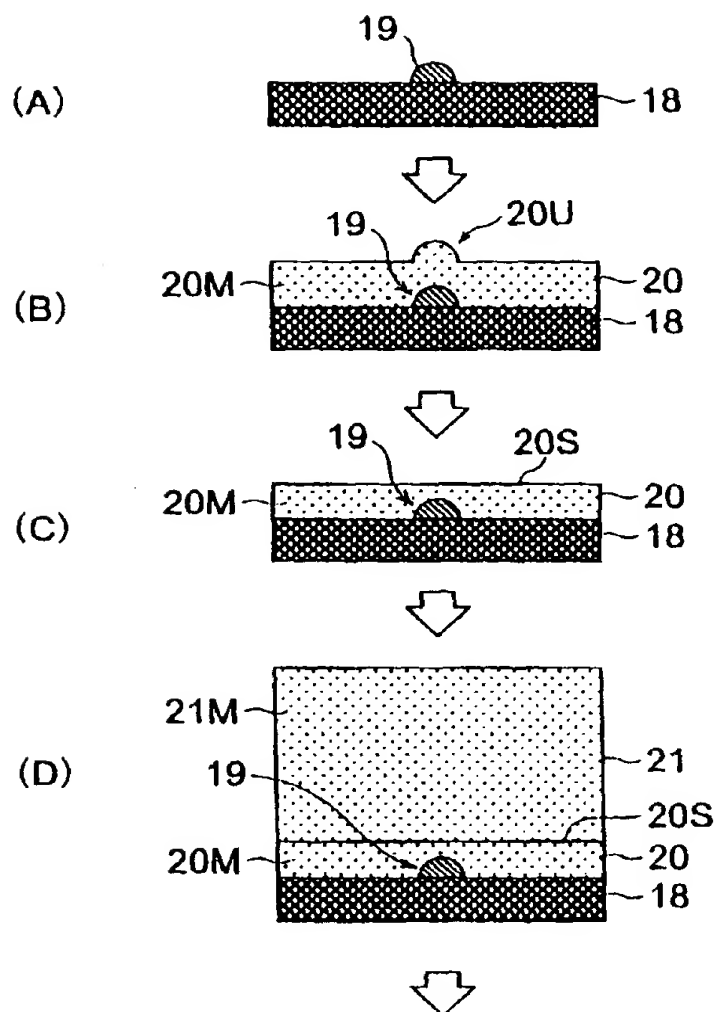
【図 6】



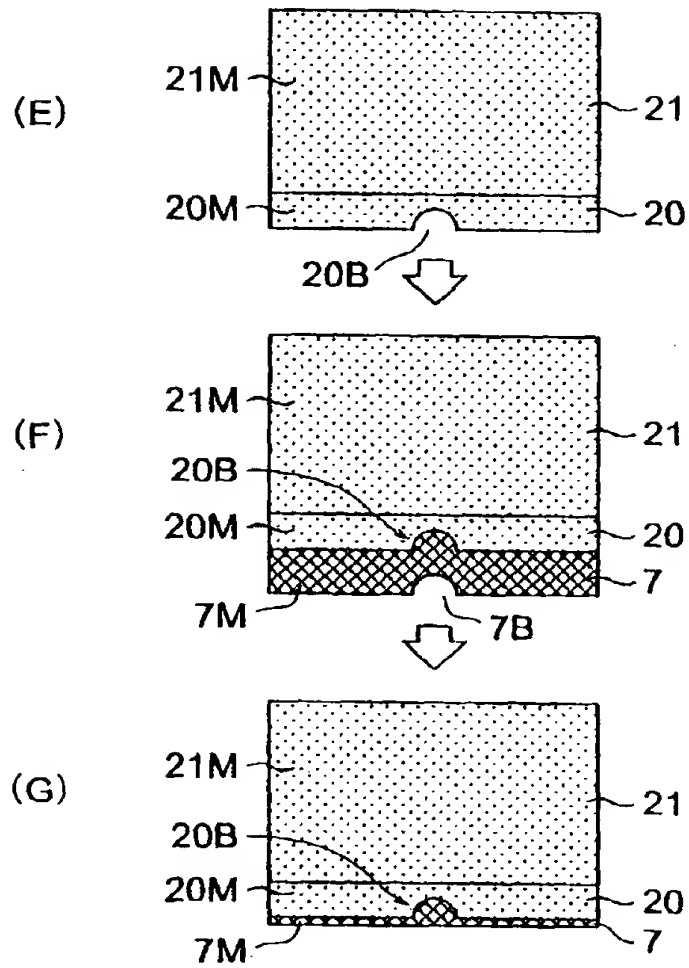
【図 7】



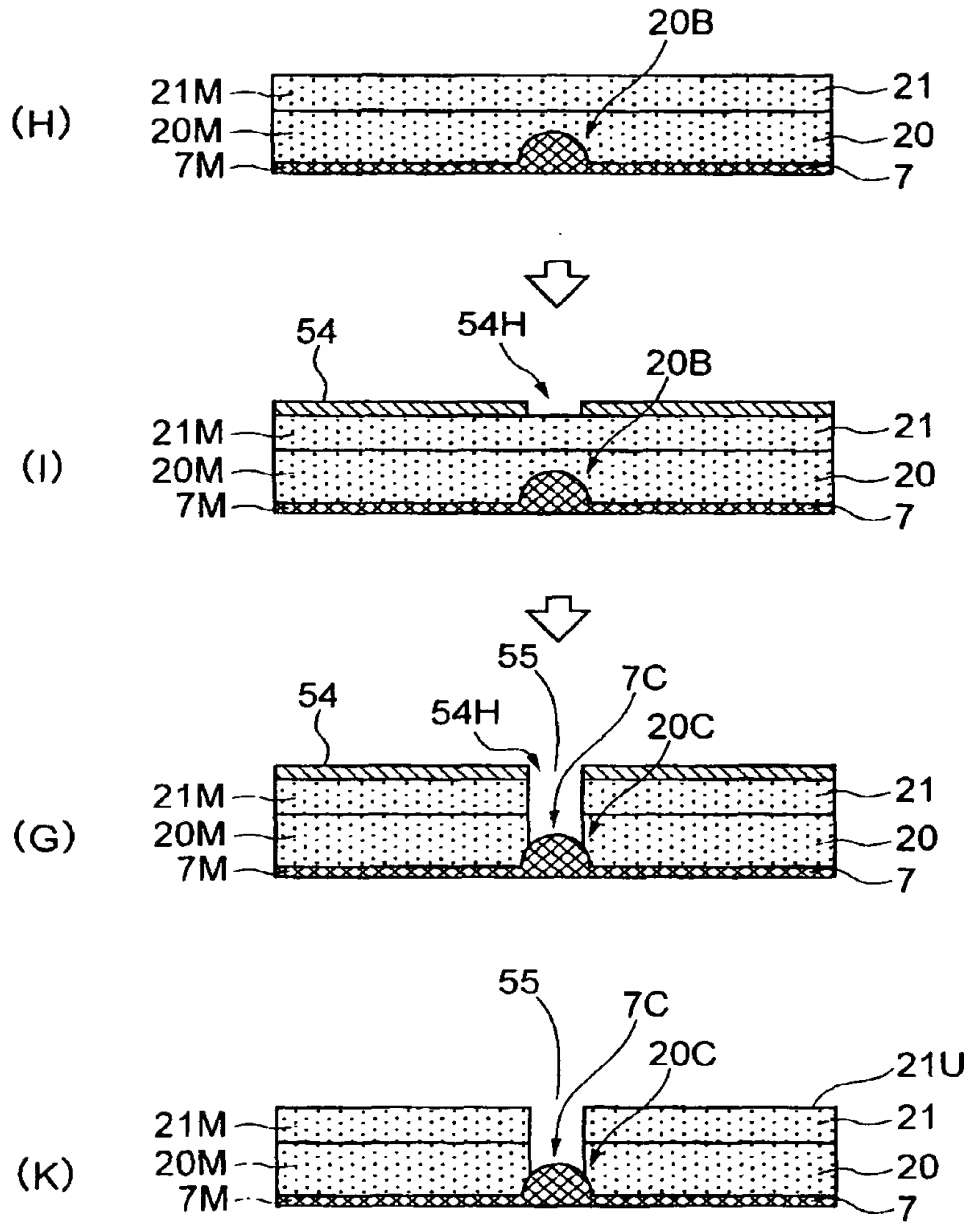
【図 8】



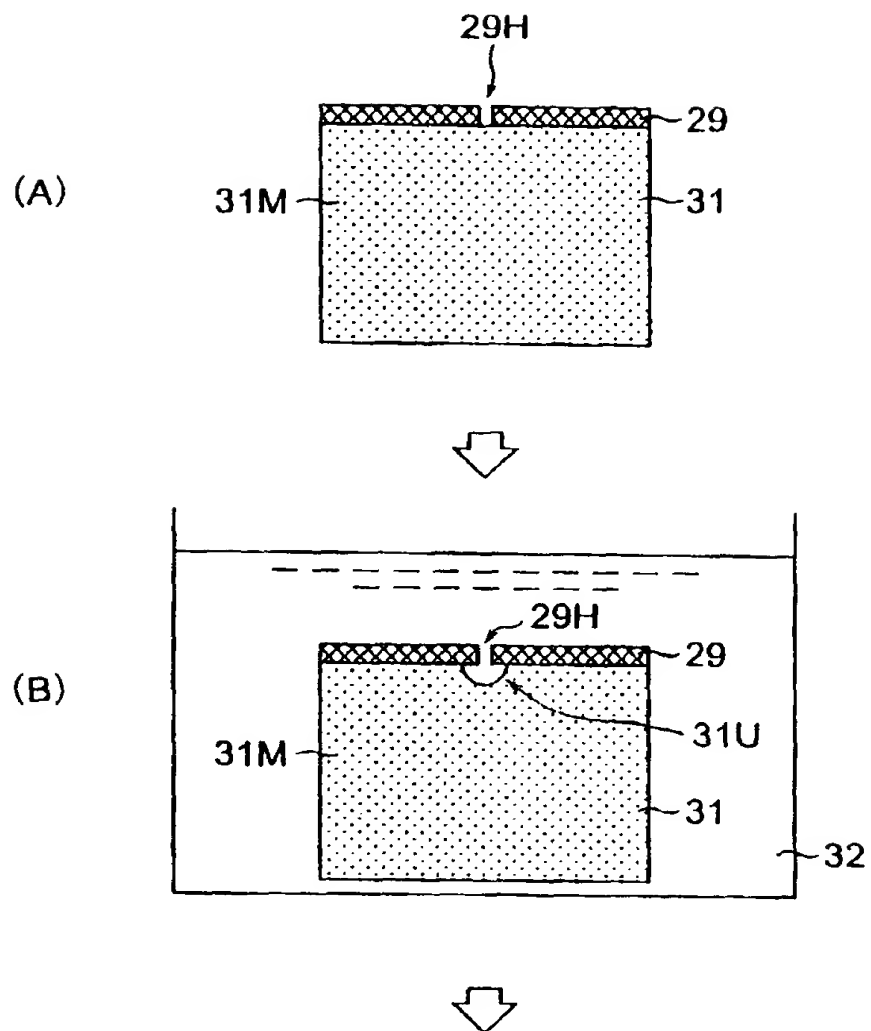
【図 9】



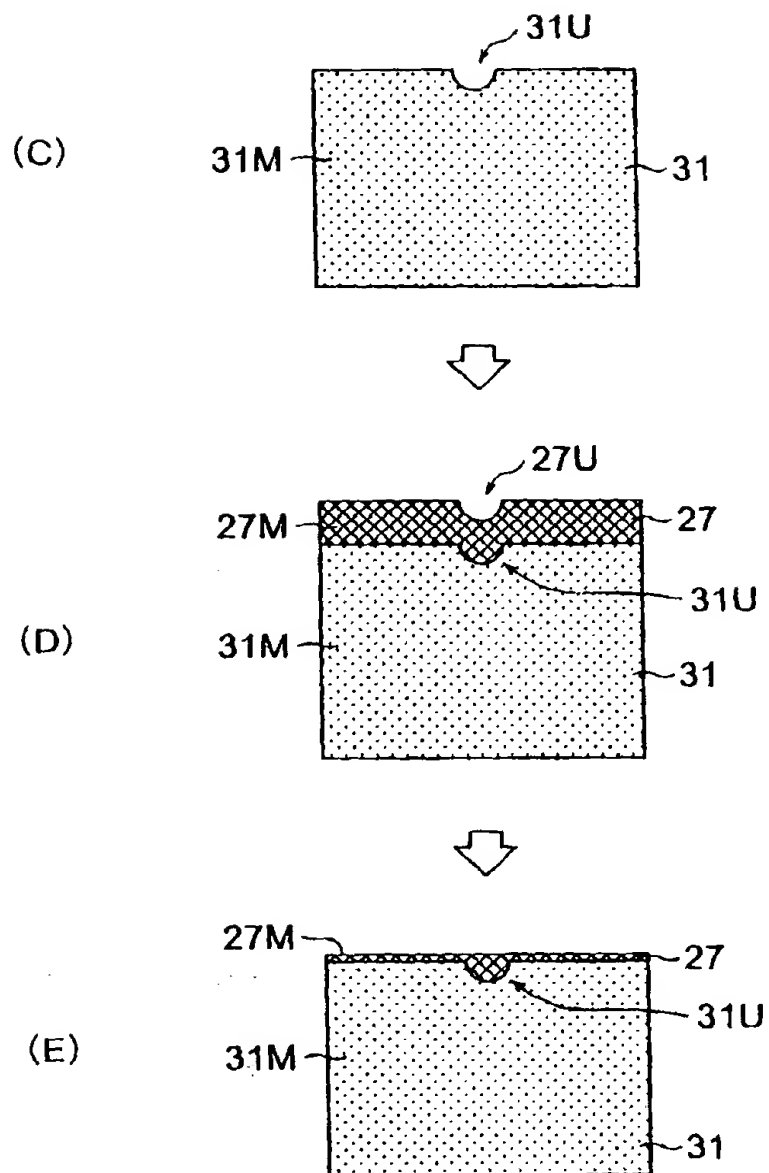
【図 1 0】



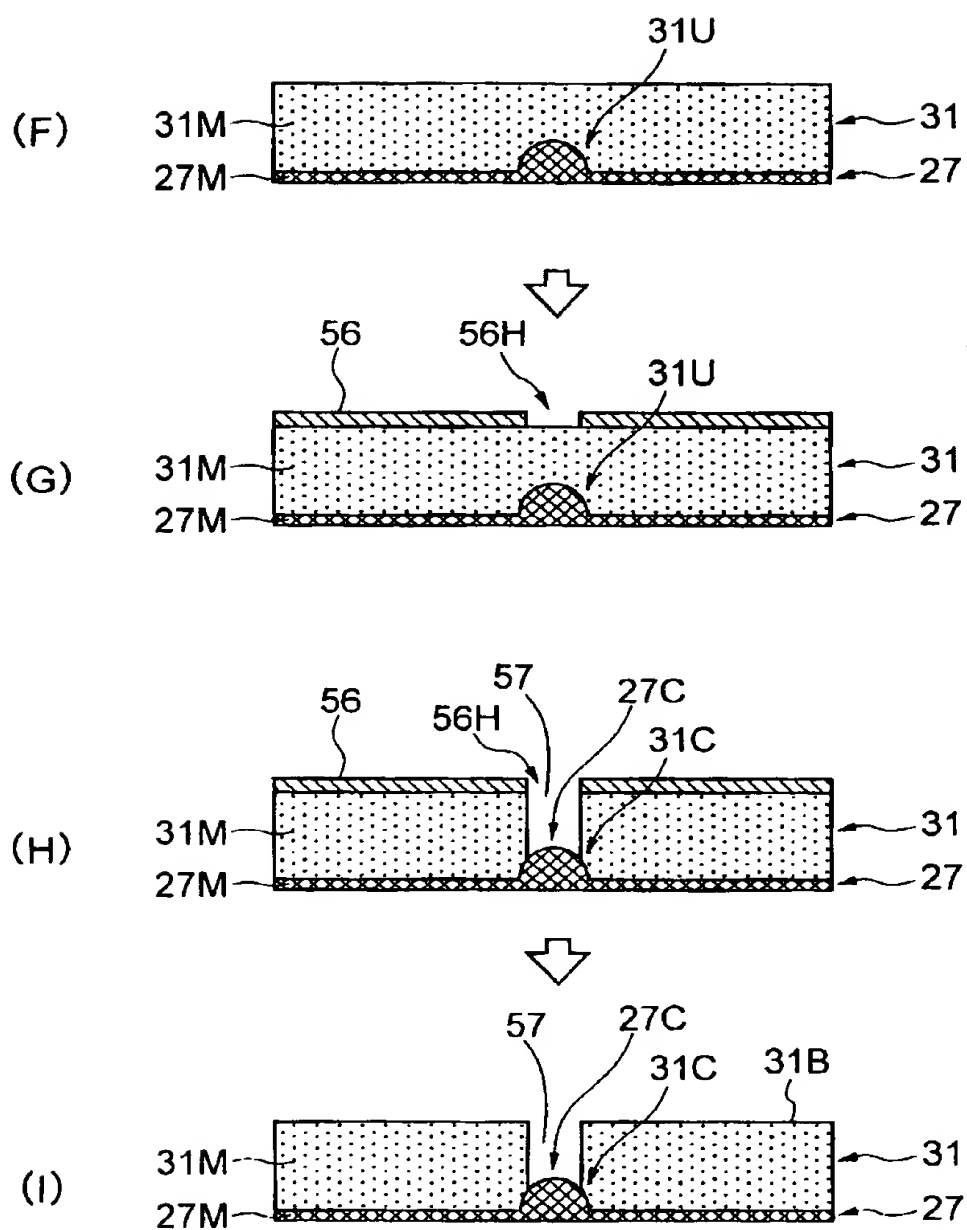
【図 11】



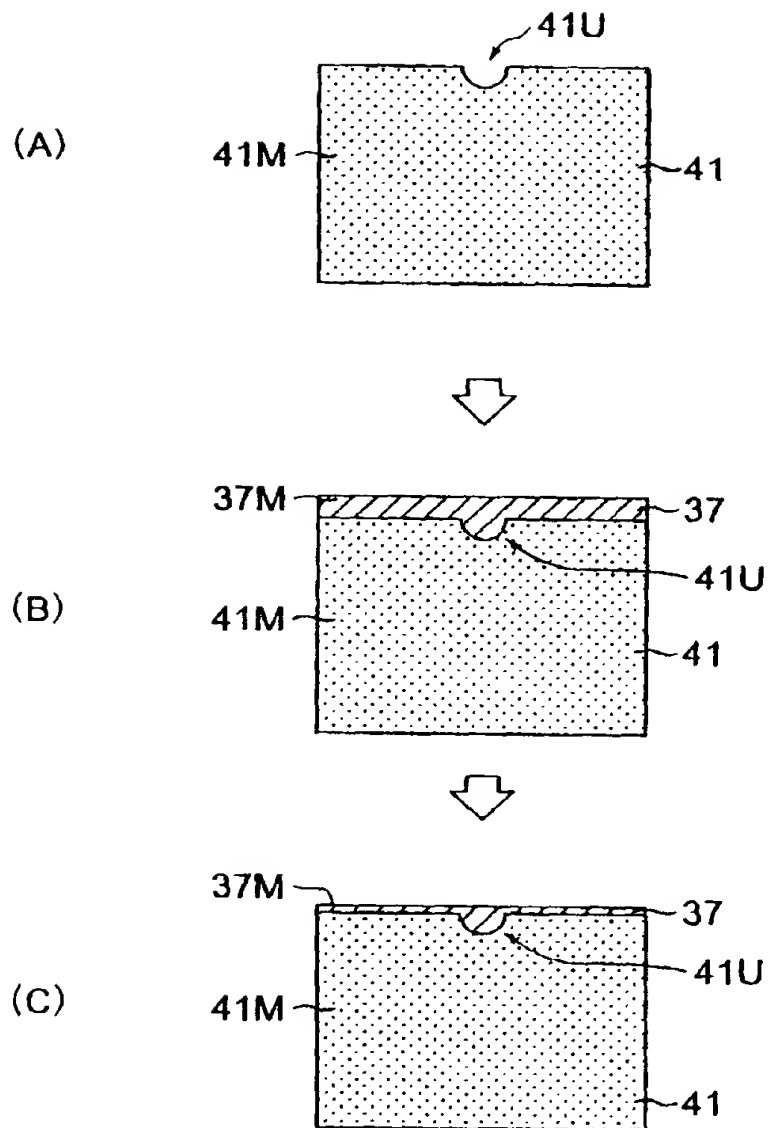
【図 12】



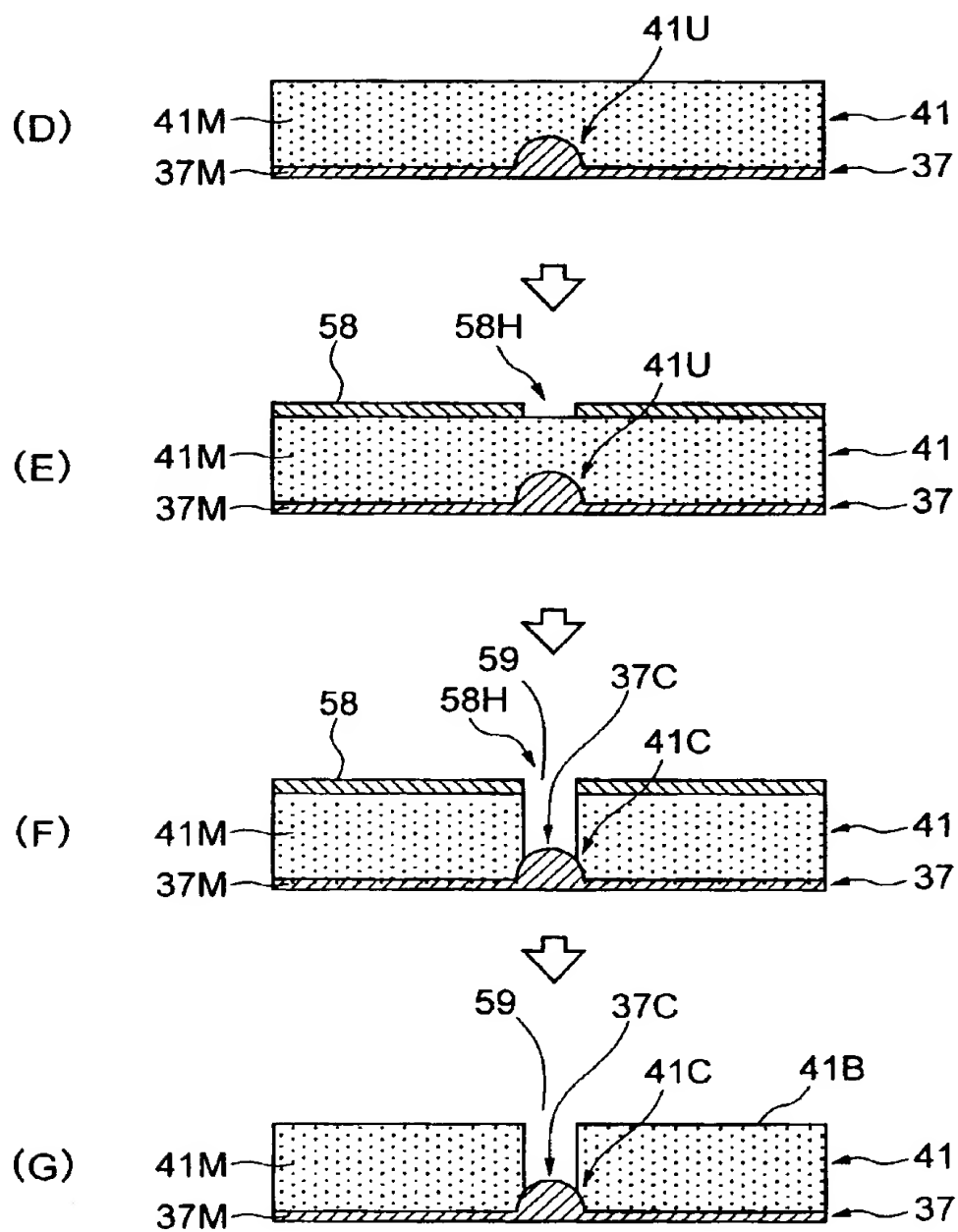
【图 13】



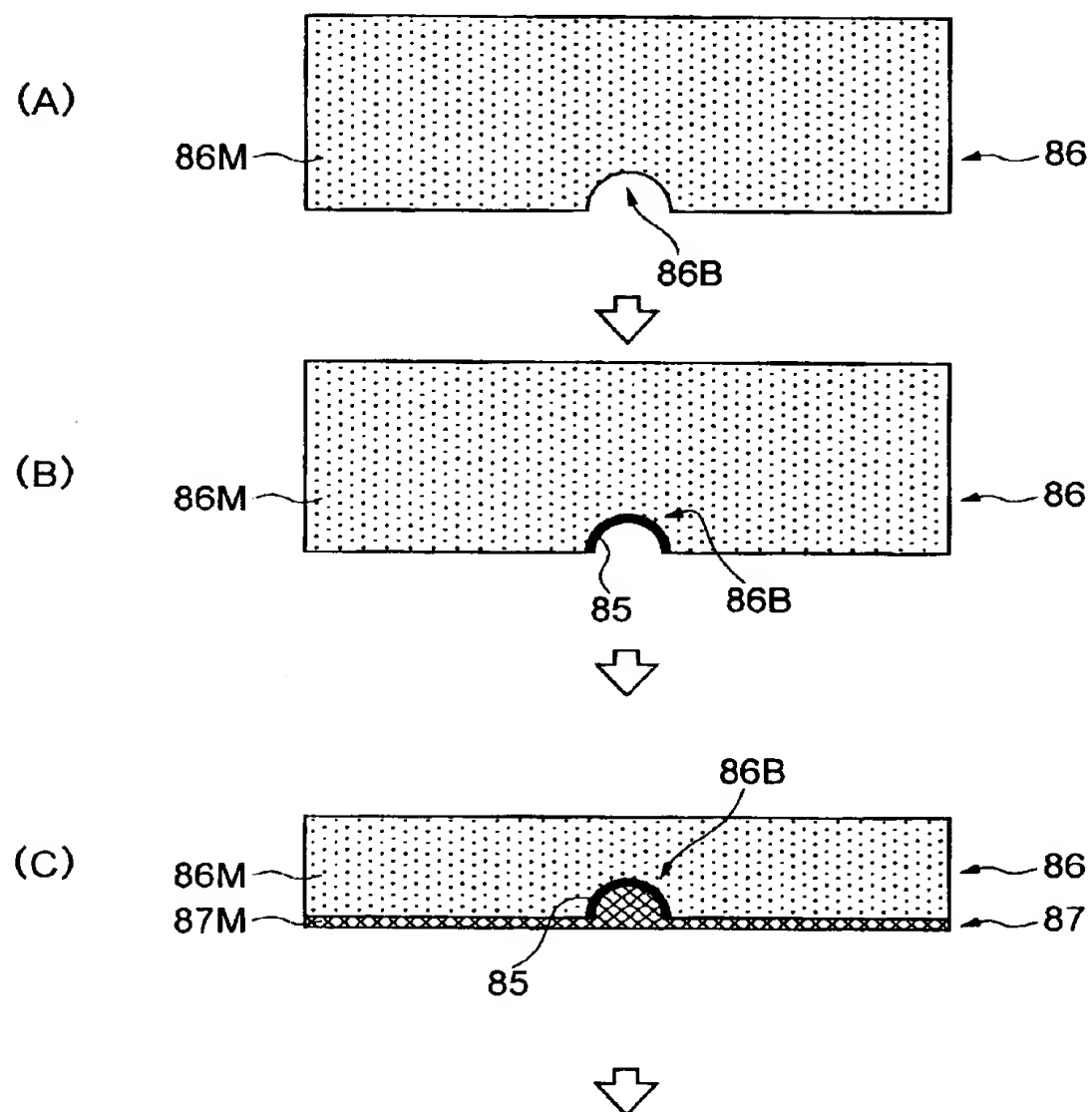
【図 1 4】



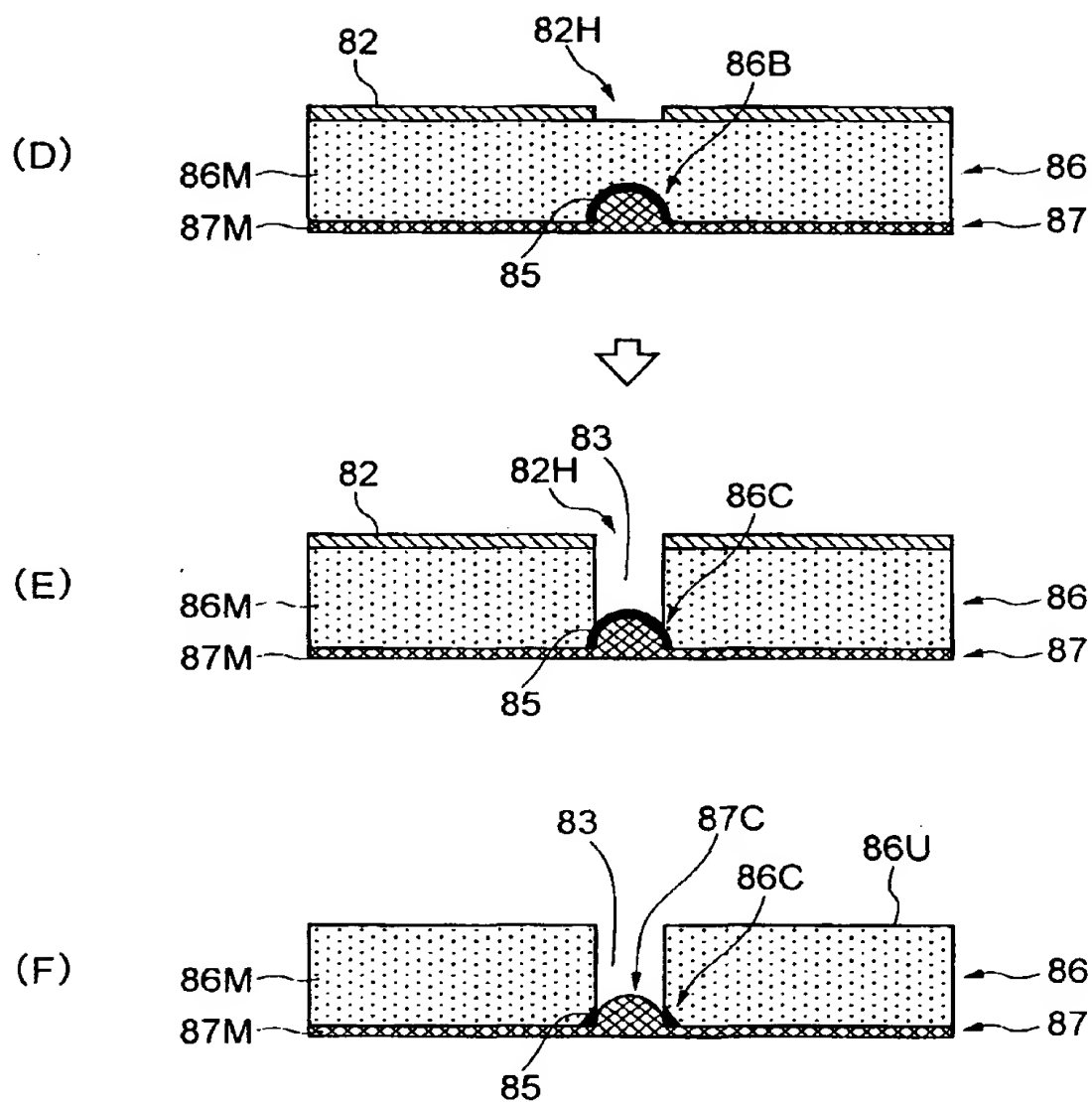
【図 15】



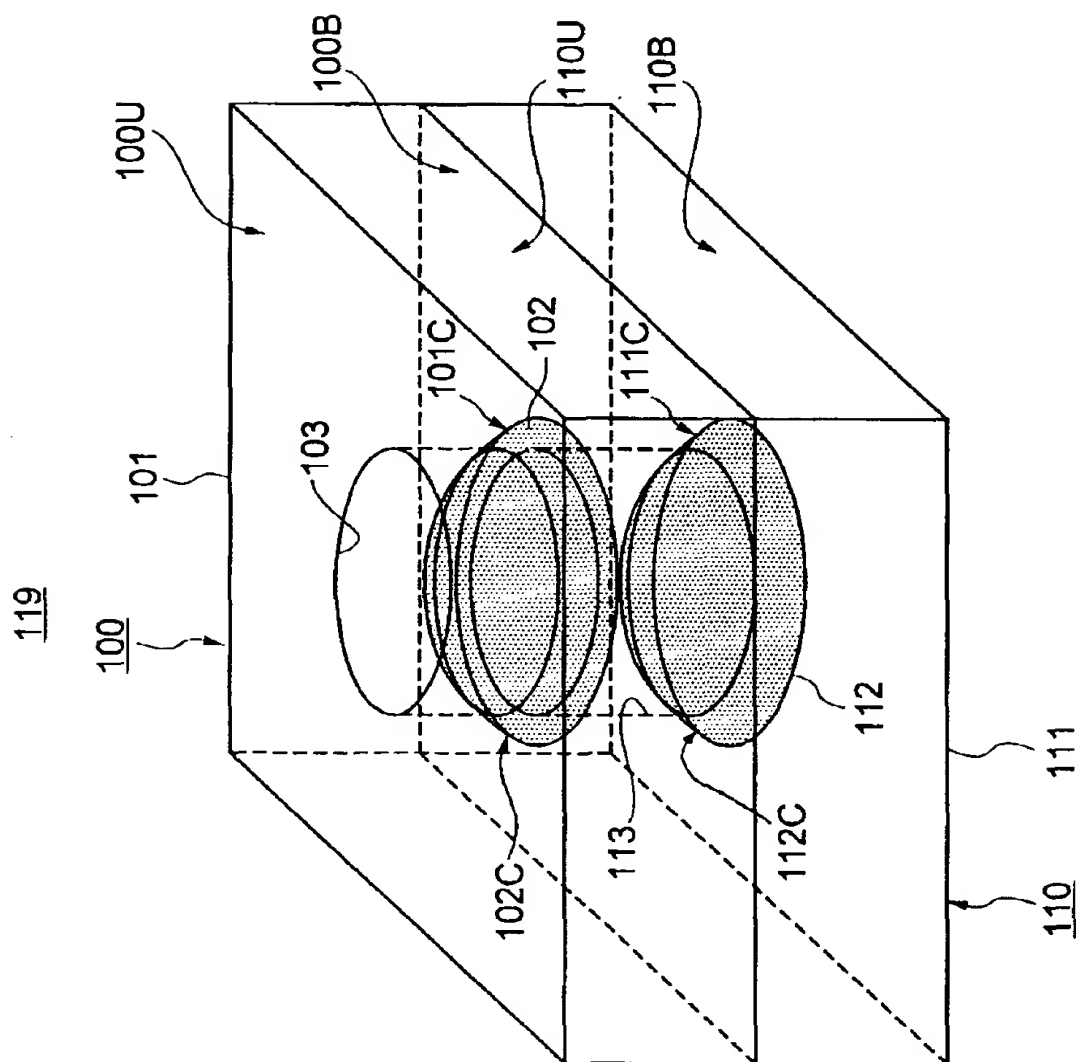
【図 1 6】



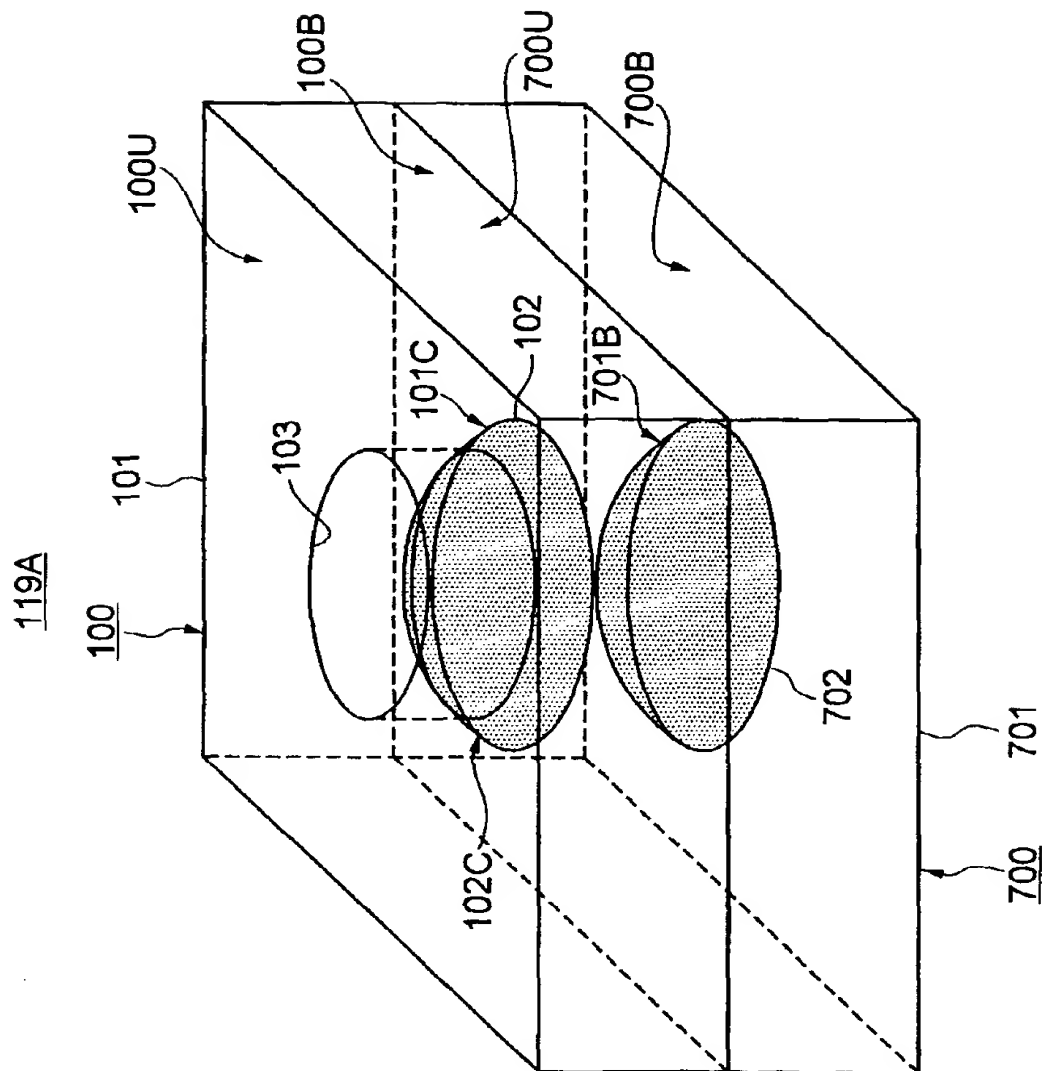
【図 17】



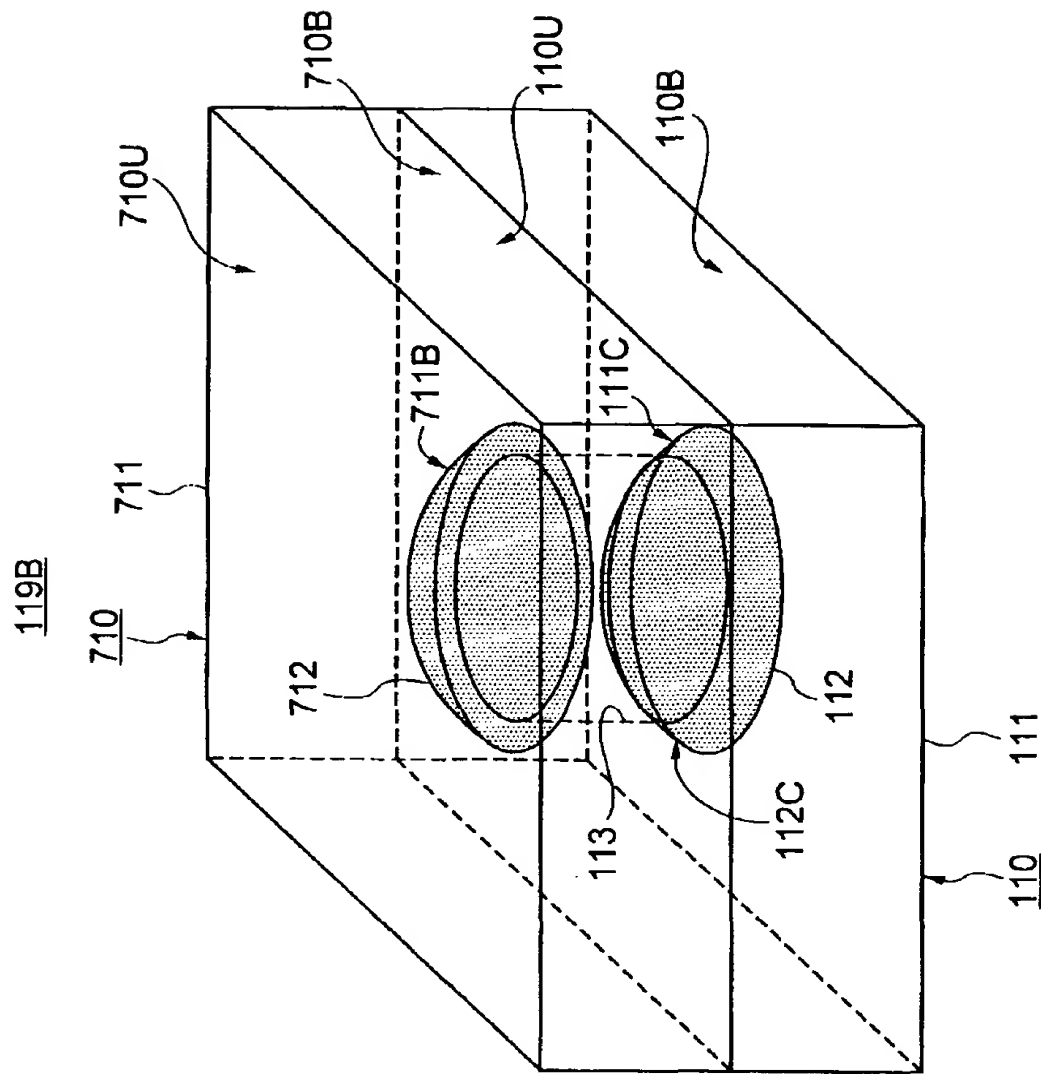
【図 18】



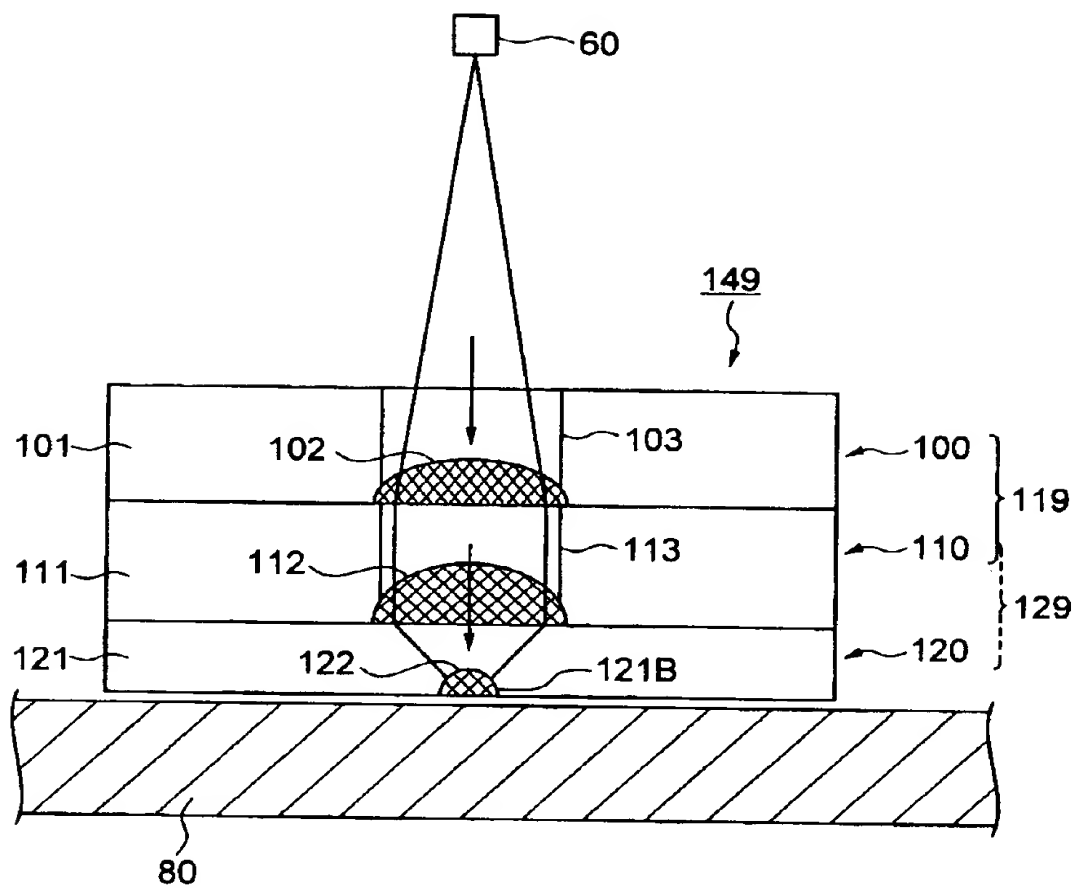
【图 19】



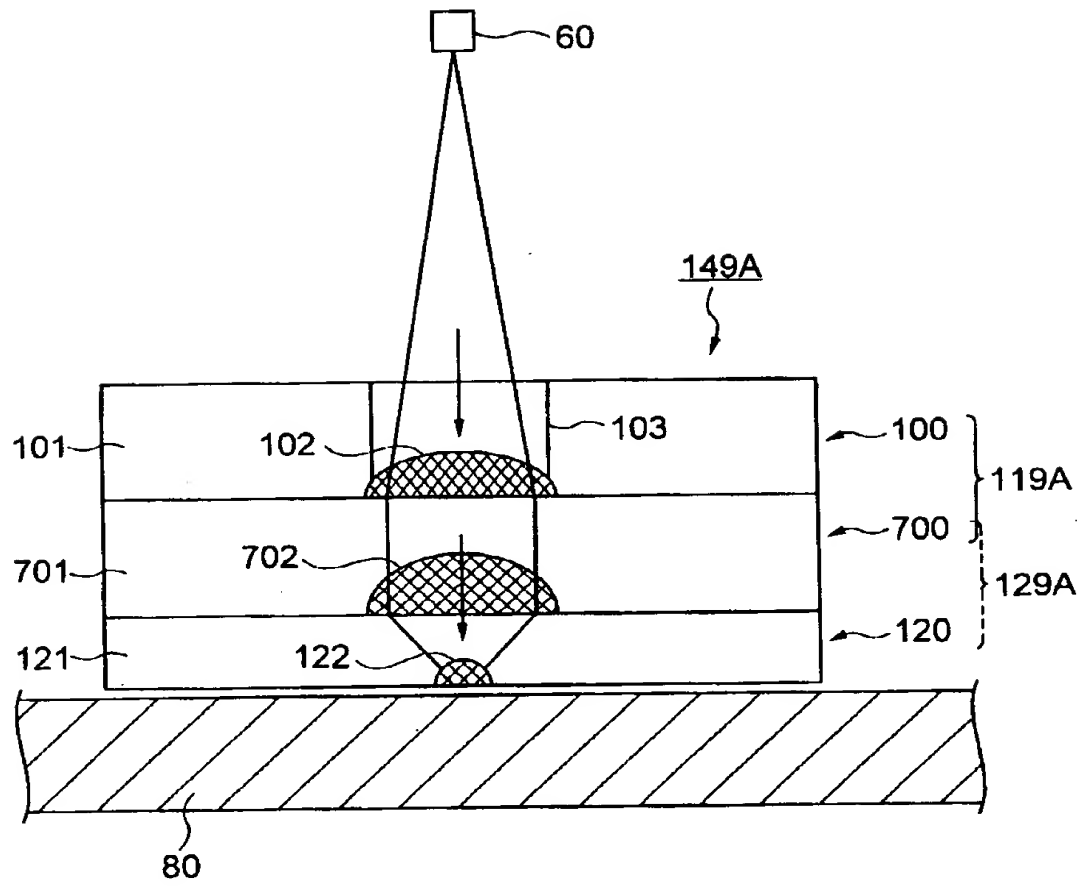
【図 20】



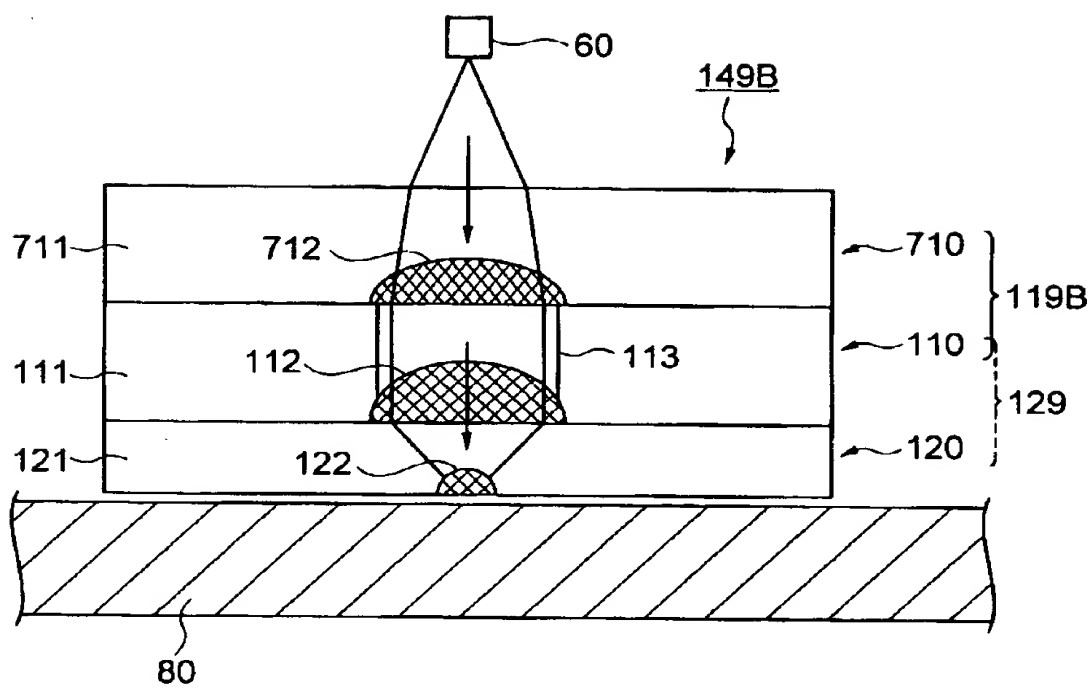
【図 21】



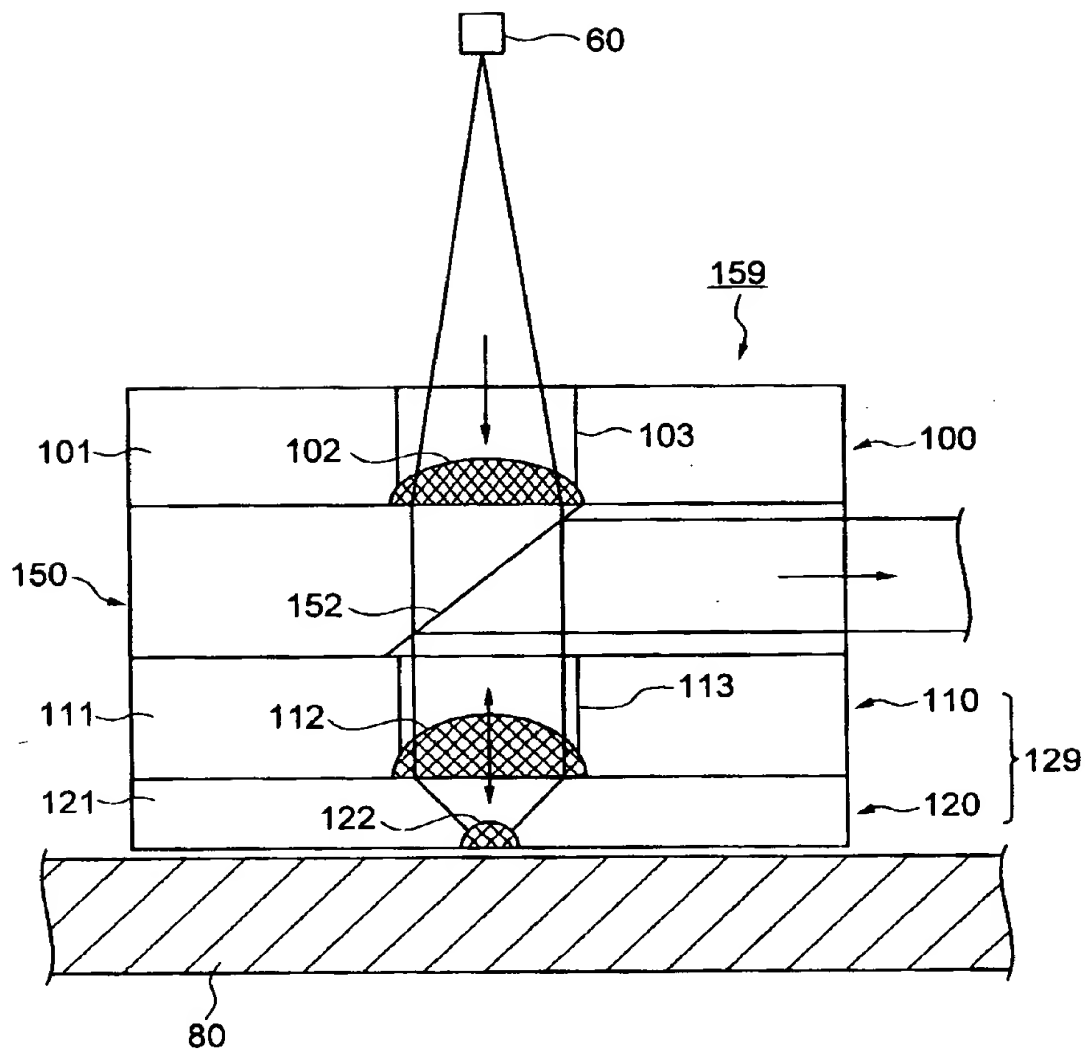
【図 2 2】



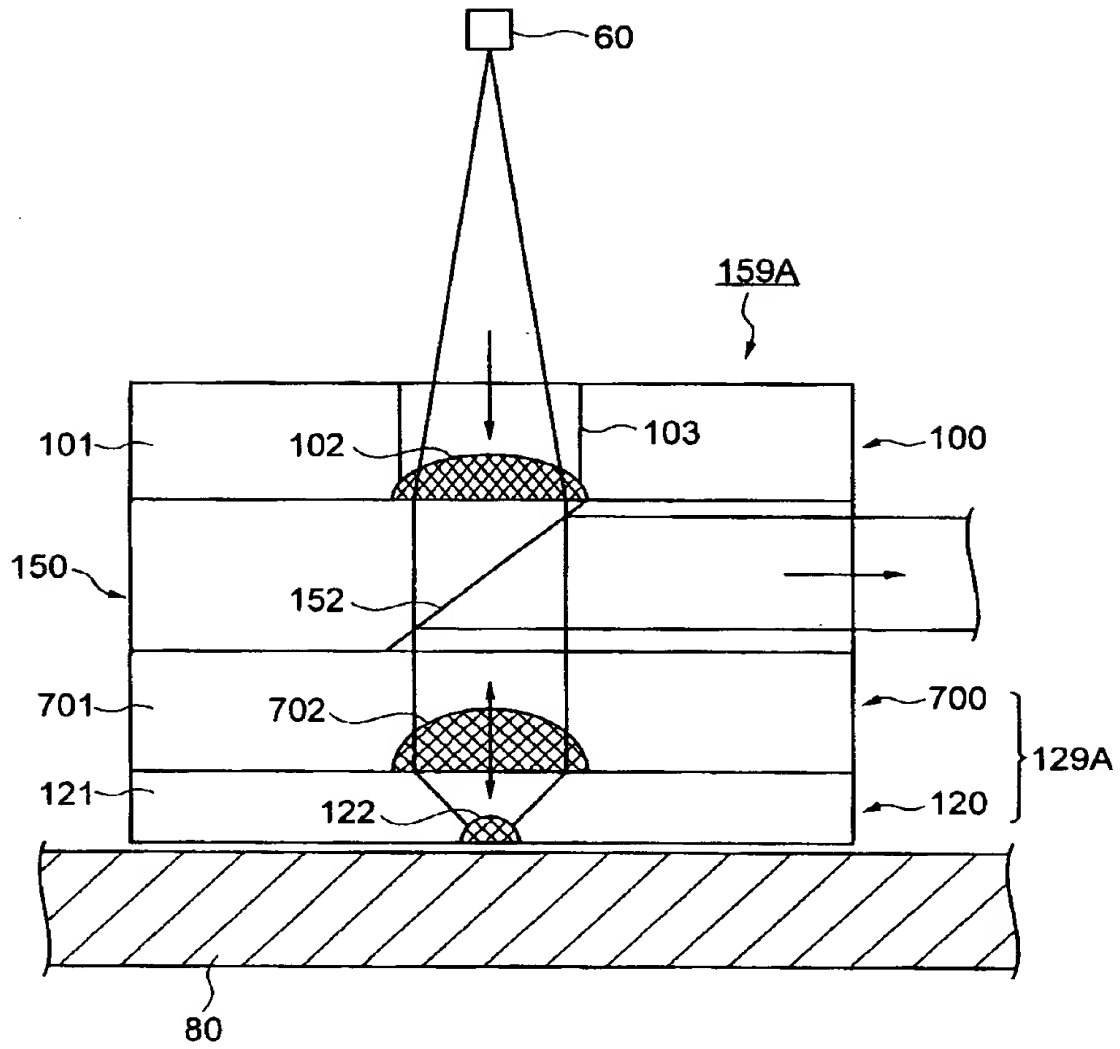
【図 23】



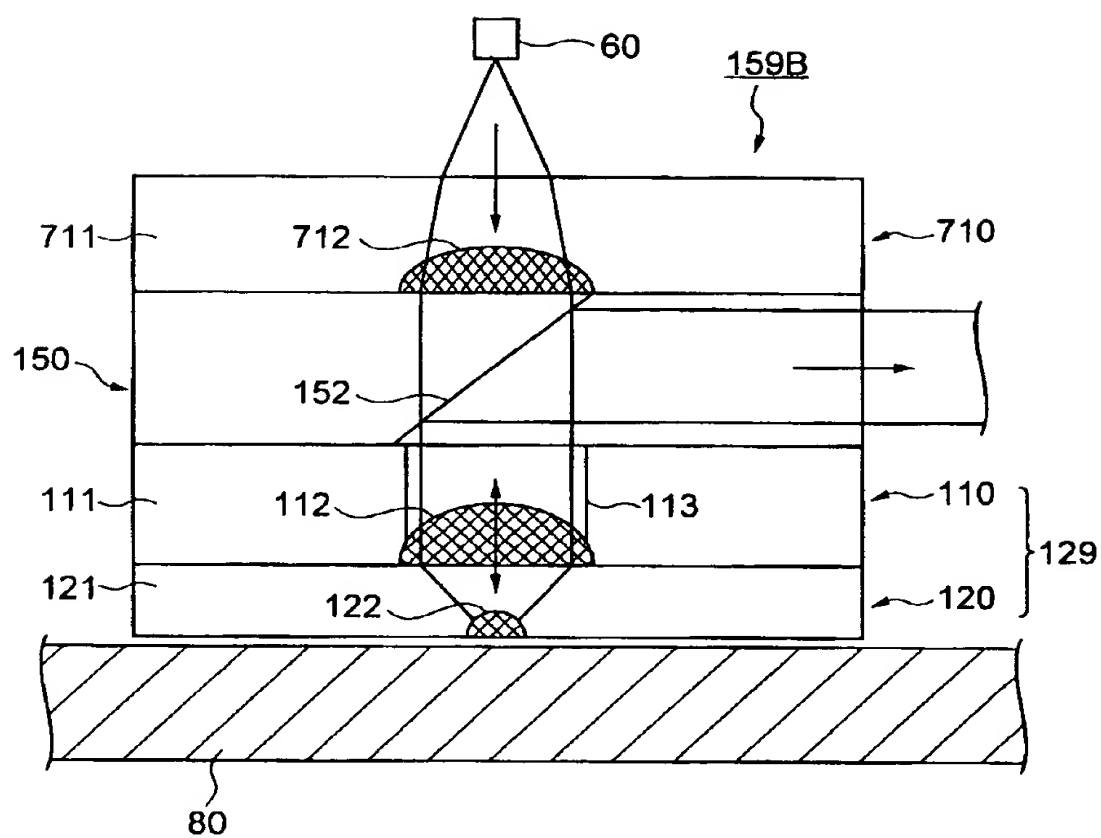
【図 24】



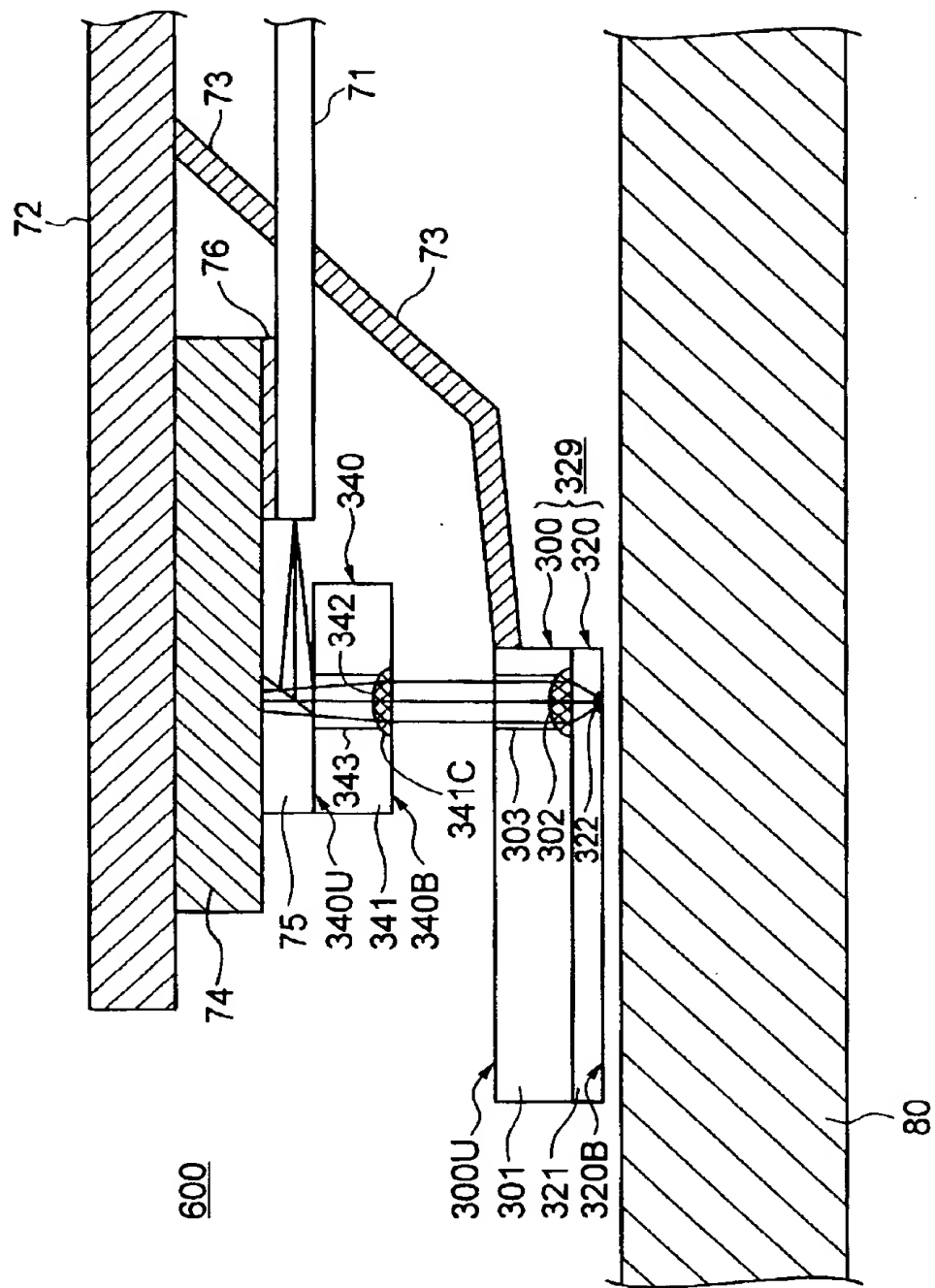
【図 2 5】



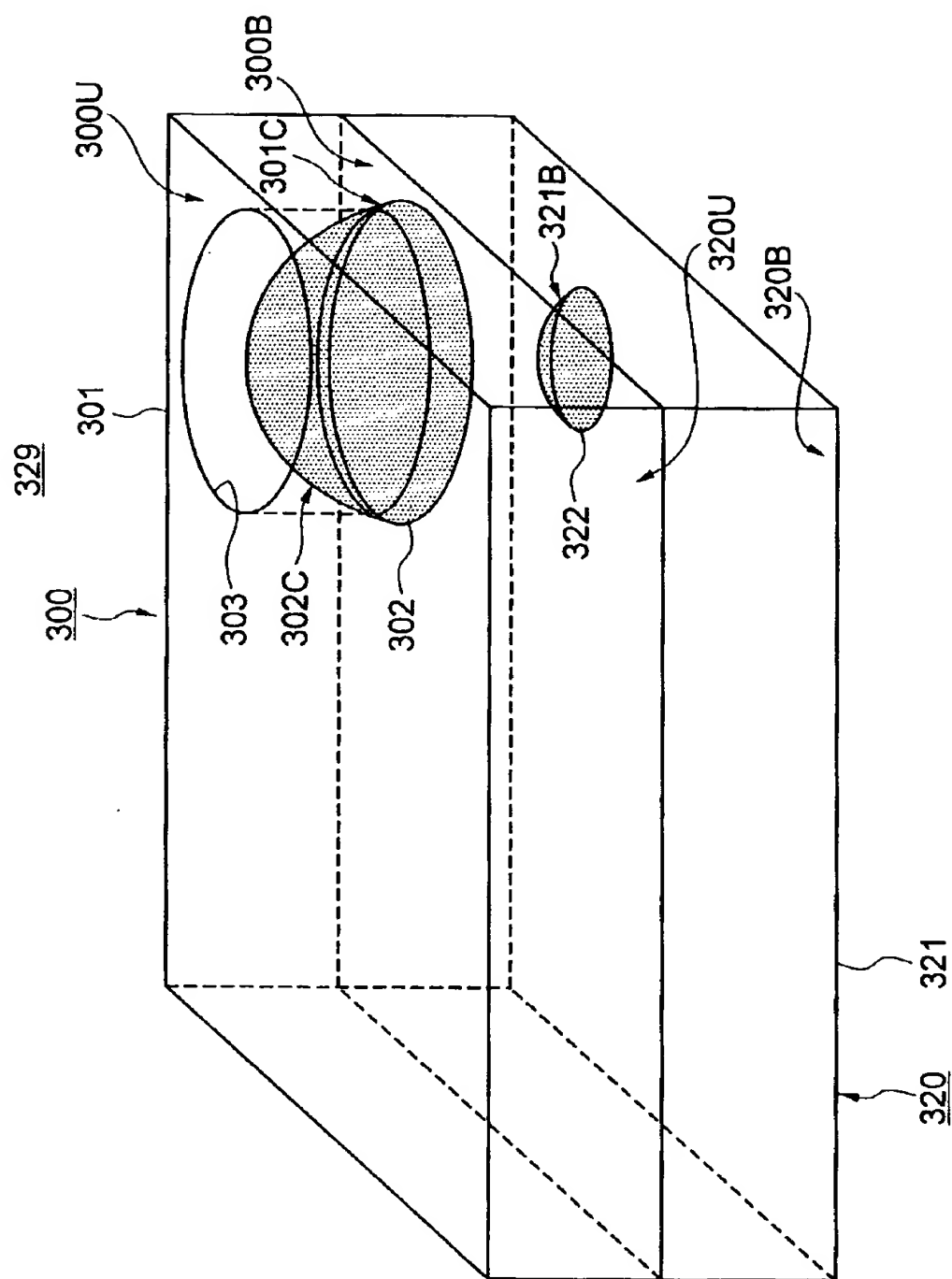
【图 2 6】



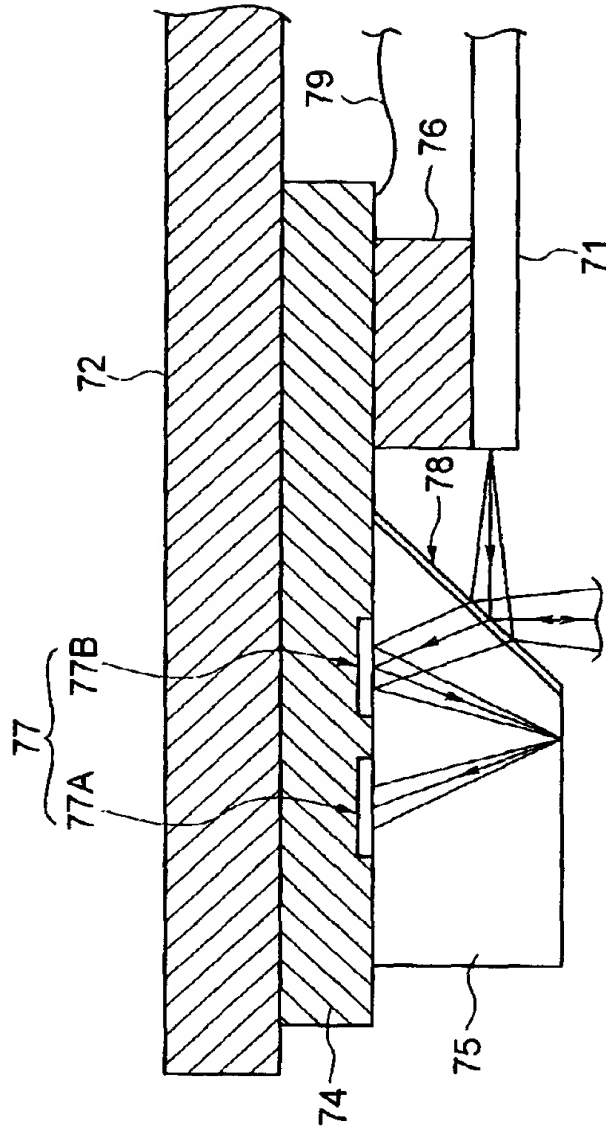
【図 27】



【図 28】



【図 29】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型で開口数が大きい凸レンズを有する光学素子を提供する。

【解決手段】 光学素子 1 0 0 は、凸状の曲面 1 0 2 C が形成された凸レンズ 1 0 2 と、凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面 1 0 2 C に密着する基材 1 0 1 とを有する。基材 1 0 1 は、互いに対向する第 1 および第 2 の面 1 0 0 U, 1 0 0 B を有し、凸状の曲面 1 0 2 C に密着する凹状の曲面 1 0 1 C が第 1 の面 1 0 0 B に形成されていると共に、凹状の曲面 1 0 1 C の奥側から第 2 の面 1 0 0 U に通じる孔 1 0 3 が形成されている。凸レンズ 1 0 2 の凸状の曲面 1 0 2 C の中央部が、基材 1 0 1 の孔 1 0 3 に露出している。例えば、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ 1 0 2 を形成し、凸レンズ 1 0 2 が形成された基材に孔 1 0 3 を設けることで、光学素子 1 0 0 を製造可能である。光学材料が充填される基材の凹部を小さくすることで、光学素子 1 0 0 の凸レンズ 1 0 2 を小型化可能である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社